MISSION

CHARGÉE

DE L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS AU CHILI.

DETERMINATIONS MAGNETIQUES

EFFECTUEES PENDANT LE VOYAGE DE LA MISSION

MÉMOIRE

ADRESSÉ AU

BUREAU DES LONGITUDES

PAR M. DE BERNARDIÈRES,

Chef de la Mission chargée par l'Académie des Sciences de l'observation du Passage de Vénus
au Chili, et par le Bureau des Longitudes
de la mesure de différences de longitude sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud,

SUR LES

DÉTERMINATIONS MAGNÉTIQUES

EFFECTUÉES PENDANT LE VOYAGE DE LA MISSION,

PAR MM.

DE BERNARDIÈRES, lieutenant de vaisseau, chef de la Mission,
BARNAUD, lieutenant de vaisseau, membre de la Mission,
FAVEREAU, enseigne de vaisseau, membre de la Mission.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-LIBRAIRE DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55

—

1884

AVERTISSEMENT.

Les importantes expéditions entreprises, d'une part pour l'observation du Passage de Venus, au nom de l'Academie des Sciences, et d'autre part pour la grande triangulation en longitude destinee à relier les villes de Buenos-Ayres, Santiago du Chili, Valparaiso, Lima et Panama, au nom du Bureau des Longitudes, ont engage le Bureau à recommander à M. le lieutenant de vaisseau de Bernardières de continuer, dans cette nouvelle campagne, ses observations sur le magnetisme terrestre.

M. de Bernardières, en collaboration avec MM. le lieutenant de vaisseau Barnaud et l'enseigne de vaisseau Favereau, a tenu à répondre à l'invitation du Bureau : il a effectué, dans l'Amérique du Sud, 44 determinations de declinaison, 36 d'inclinaison et 41 mesures de l'intensité horizontale, en outre, plus de 300 valeurs de la variation des elements magnetiques ont ete obtenues au Cerro-Negro (Chili) pendant que la Mission a stationné dans ces lieux. Ces observations presentent un tel caractère de précision que le Bureau, à l'unanimité, a décide qu'elles seraient publiées dans ses *Annales*.

Non seulement le Mémoire de M. de Bernardières renferme tous les elements necessaires pour comparer ces déterminations avec celles qui auraient eté faites dans d'autres pays, mais encore il constitue un excellent guide pour les officiers désireux de suivre cet exemple, et il leur épargnera les tâtonnements inevitables au debut de recherches d'un genre nouveau pour les observateurs.

Le Bureau des Longitudes est heureux de constater ainsi que ces études, dont se faisaient gloire autrefois nos marins, et qui semblaient depuis être tombées en oubli, sont reprises aujourd'hui avec un succès complet par les officiers de Marine, dont la Science apprécie toujours si hautement le concours.

FAYE,

Président du Bureau des Longitudes

DÉTERMINATIONS MAGNÉTIQUES

EFFECTUÉES

PAR LA MISSION CHARGÉE DE L'OBSERVATION

DU PASSAGE DE VENUS AU CHILI,

ET DE LA MESURE DES DIFFÉRENCES DE LONGITUDE

SUR LA COTE OCCIDENTALE DE L'AMÉRIQUE DU SUD

L'étude si intéressante du magnétisme terrestre vient de recevoir en France, depuis ces dernières années, une nouvelle et vigoureuse impulsion, qui ne pourra manquer de produire de féconds résultats Les Observatoires permanents se multiplient dans notre pays, et, par l'établissement temporaire que nous avons créé l'an dernier au cap Horn, nous prenons part aux travaux d'ensemble que plusieurs grandes puissances exécutent en ce moment dans les hautes latitudes boréales et australes La Mission d'observation du passage de Vénus au Chili, tant par la position géographique de la contrée où elle allait s'établir que par le voyage qu'elle devait effectuer, avait la possibilité de concourir utilement à ces recherches entreprises simultanément dans différentes régions du globe · aussi la Mission n'a-t-elle rien négligé pour emporter des instruments bien réglés et comparés fréquemment avec soin à ceux de nos Observatoires de Montsouris et de Saint-Maur

Les déterminations ont commencé dès le départ de France et ont été poursuivies jusqu'au retour Dans chaque relâche, on a disposé des quelques heures que le paquebot restait en rade pour prendre une série de mesures : il n'y a eu d'exception que pour un petit nombre de ports soumis à une quarantaine rigoureuse ou rendus inabordables par suite du mauvais temps On a de même profité de tous les déplacements sur le continent américain

pour déterminer de nouveaux points : c'est ainsi que l'on a effectué des observations dans les Andes, en Araucanie, et dans la région si variée qui s'étend de Valparaiso à Buenos-Ayres et comprend la vallée centrale du Chili, la Cordillère et la Pampa. En résumé, les déterminations faites à l'étranger sont au nombre de 44 pour la déclinaison, de 36 pour l'inclinaison, de 41 pour l'intensité horizontale, s'étendant sur un ensemble de 34 lieux différents.

Les travaux magnétiques de la Mission ne se sont pas bornés à ces observations isolées : du 16 octobre au 23 décembre 1882, on a installé au Cerro-Negro, près de l'Observatoire établi pour le passage de Vénus, trois instruments que l'on a disposés pour fournir les variations des éléments magnétiques et que l'on a consultés régulièrement plusieurs fois par jour. Ces observations diurnes sont consignées dans le Chapitre V de ce Rapport, dont les quatre premiers Chapitres sont consacrés à la description des instruments et à leur mode d'emploi, et le dernier aux résultats qu'ils ont fournis dans les différents lieux visités.

DESCRIPTION

ET

MODE D'EMPLOI DES INSTRUMENTS.

La Mission avait à sa disposition

1° Une boussole de voyage de Brunner, obligeamment prêtée par le directeur de l'Observatoire météorologique de Montsouris, M. Marié-Davy, que les observateurs ne sauraient trop remercier pour son concours bienveillant et éclairé. Cet instrument fournit les trois éléments du magnétisme terrestre;

2° Un théodolite-boussole de Hurlimann pour la mesure de la déclinaison;

3° Une boussole d'inclinaison de Gambey;

4° Une boussole d'oscillation.

Ces trois derniers instruments appartiennent au Dépôt des Cartes et Plans de la Marine ([1]).

Chacune de ces boussoles sera désignée par le chiffre correspondant au numéro d'ordre qu'elle possède dans l'énumération précédente, et les notations données ci-après seront employées pour les différents éléments magnétiques dont il n'est pas inutile de rappeler les définitions ([2]) :

Pour déterminer l'action magnétique de la Terre en un point, il faut mesurer la direction et l'intensité du champ, c'est-à-dire de la force qui

---

([1]) M. Favereau a collaboré à ce Mémoire par la rédaction de la partie qui concerne ces trois instruments.

([2]) Ces notations et ces définitions sont empruntées aux *Conférences sur le magnétisme et l'électricité atmosphérique*, par M. E. Mascart, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, recueillies par M. Th. Moureaux, météorologiste-adjoint du Bureau central. — On renverra plusieurs fois le lecteur au travail de notre savant maître.

s'exercerait sur une masse magnétique égale à $+1$ placée en ce point La direction de cette force est celle que prendrait la ligne des pôles d'une aiguille aimantée, mobile dans tous les sens autour de son centre de gravité.

On appelle *méridien magnétique* en un lieu le plan vertical qui passe par la direction de la force magnétique terrestre.

La *déclinaison* D est l'angle que fait le méridien magnétique avec le méridien géographique, elle est *occidentale* lorsque le pôle nord d'un aimant mobile se place à l'ouest du méridien géographique qui passe par son milieu; elle est *orientale* si ce pôle nord se place à l'est du méridien

L'*inclinaison* I est l'angle que fait la direction de la force terrestre avec sa projection sur le plan horizontal Elle est *positive* quand elle est dirigée vers le bas, c'est-à-dire lorsque le pôle nord d'une aiguille libre se place au-dessous du plan horizontal passant par son milieu, et *négative* dans le cas contraire

Ces deux éléments, déclinaison et inclinaison, suffisent pour déterminer la direction de la force magnétique terrestre

Pour evaluer l'*intensité* T de cette force, on peut en déterminer deux composantes, l'une *horizontale* T, l'autre *verticale* Z On a d'ailleurs les relations

$$H = T \cos I,$$
$$Z = T \sin I.$$

Il suffit de déterminer deux de ces quantités pour en déduire les deux autres Dans la pratique, on mesure directement l'inclinaison I et la composante horizontale H, au moyen desquelles on peut calculer la composante verticale et la force totale

CHAPITRE I.

BOUSSOLE DE VOYAGE DE BRUNNER [1]

La boussole de voyage des frères Brunner a été construite en 1878 pour M. Marié-Davy, dont le but a été de réaliser un instrument portatif fournissant avec une exactitude suffisante les trois éléments magnétiques. Cette boussole a été fréquemment employée dans le bassin de la Méditerranée [2], sur les côtes de l'Océan et sur le littoral nord ; elle a reçu depuis quelques modifications indiquées par l'expérience, et qui permettent d'obtenir l'intensité horizontale avec beaucoup plus de précision. La description succincte qui suit s'adapte à la boussole modifiée dont il a été fait usage par la Mission du Chili.

La boussole de voyage de Brunner (*fig.* 1) se compose, à la partie inférieure, d'un cercle-limbe horizontal A, porté par trois vis calantes, et d'un cercle mobile à deux verniers, réuni par son centre à l'axe de rotation vertical de l'instrument. A la partie supérieure, un cercle-limbe zénithal est fixé à l'axe de rotation, parallèlement à celui-ci, et comprend un cercle à deux verniers D, portant une lunette astronomique FF' et un microscope M liés parallèlement et invariablement l'un à l'autre. Le cercle alidade, la lunette et le microscope sont mobiles autour de l'axe horizontal du cercle zénithal. Les verniers de ce cercle donnent la minute, ceux du cercle azimutal donnent la demi-minute.

Outre les deux fils perpendiculaires, dont la croisée détermine l'axe optique de la lunette, on a placé dans le réticule quatre fils rectangulaires formant un carré destiné à encadrer le disque du Soleil. Dans le corps de la lunette, un réflecteur métallique, incliné à 45°, sert à l'éclairage du réticule dans les observations de nuit.

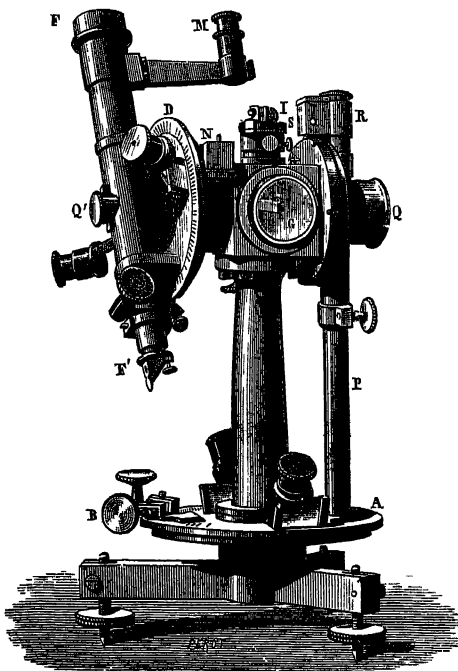
---

(1) *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an* 1879.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 20 octobre 1879.

L'oculaire du microscope porte à son foyer trois fils verticaux pour les pointés de l'aiguille aimantée.

Perpendiculairement à l'axe du cercle zénithal est une caisse cylindrique horizontale G, en bronze, fermée à ses deux extrémités par des glaces circulaires, dont l'une est mobile et permet l'introduction ou la sortie de

Fig. 1.

l'aiguille aimantée. Cette caisse est surmontée d'un tube terminé à la partie supérieure par un tambour S, muni d'un petit treuil I, auquel est attaché le fil de suspension de l'aiguille. Ce tambour peut prendre avec le treuil un mouvement de rotation sur lui-même. En outre, quatre vis de réglage, opposées deux à deux, servent à corriger l'excentricité du point de suspension.

L'aiguille est formée d'un barreau d'acier prismatique de $0^m,070$ de longueur, $0^m,005$ de hauteur, $0^m,001$ d'épaisseur. A chacune de ses extrémités est incrusté un petit disque d'argent sur lequel est tracé un trait vertical servant aux pointés. Le barreau est enchâssé par son milieu dans une

monture en cuivre portant deux petits arrêts destinés à la fixer dans l'etrier du fil de suspension.

Un niveau N sert au calage de l'instrument

Un cylindre de fer doux, représenté en P, peut être ajouté pour la mesure de l'inclinaison, en outre, la boussole est disposée pour recevoir deux regles qui se fixent horizontalement dans des directions diamétralement opposees, l'une en Q, l'autre en Q', et qui sont employées pour la recherche de la composante horizontale de l'intensité

Détermination de la declinaison.

Cette opération consiste, comme avec toutes les boussoles, à chercher l'angle formé sur le limbe horizontal par la trace du méridien géographique et par la trace du méridien magnétique.

Le trépied, à pointes et à vis de serrage en cuivre, étant placé dans le lieu choisi, la boussole de voyage est fixée à la vis centrale de la plate-forme du trépied, et l'on établit la verticalite de l'axe de l'instrument au moyen du niveau On cherche ensuite la trace de l'horizon sur le cercle zenithal et l'on s'assure que l'axe optique de la lunette est bien parallèle au plan de ce cercle

La direction du méridien terrestre s'obtient par différents procédés astronomiques : le plus simple est d'observer le Soleil autant que possible dans le voisinage du premier vertical. On suit l'image du Soleil à l'aide des vis de rappel des deux cercles gradués, jusqu'au moment où le bord de l'astre est à égale distance des côtés du carré formé par les fils. La correction des demi-diamètres est ainsi évitée, et l'on obtient de suite la hauteur du centre de l'astre et la trace de son vertical On fait généralement cinq ou six pointés sans changer la position du cercle par rapport à l'observateur, et cinq ou six pointés dans la position inverse, en vérifiant à chacune des positions la visee au point de repère pour s'assurer que l'orientation de l'instrument n'a pas change. Si le niveau varie un peu, on ramène chaque fois la bulle au milieu du tube au moyen des vis calantes

L'heure locale et la longitude étant connues à quelques minutes près,

la relation

$$\cos\frac{Z}{2}=\sqrt{\frac{\cos s\cos(s-d)}{\cos h\cos l}} \tag{1}$$

permet de calculer l'azimut du Soleil

En prenant pour trace du méridien terrestre la moyenne des résultats obtenus, cercle à droite et cercle à gauche, on élimine l'influence des erreurs instrumentales qui peuvent encore subsister La division du limbe azimutal qui correspond à cette trace est donnée dans le Chapitre VI, au Tableau des déclinaisons, sous le titre : *Relèvements du nord vrai* on l'obtient par la combinaison de la valeur de l'azimut Z, calculé par la formule (1), et de la lecture du cercle azimutal qui repère la trace du vertical du Soleil, pour cette valeur de Z

Quand on possède un compteur réglé et que le Soleil est dans les environs du méridien ou trop près de l'horizon, il est préférable de noter l'heure de chaque pointé Au moyen des analogies de Neper,

$$\begin{cases} \tang\frac{1}{2}(Z+Q)=\cot\frac{1}{2}P\,\dfrac{\cos\frac{1}{2}(d-c)}{\cos\frac{1}{2}(d+c)}, \\ \tang\frac{1}{2}(Z-Q)=\cot\frac{1}{2}P\,\dfrac{\sin\frac{1}{2}(d-c)}{\sin\frac{1}{2}(d+c)}, \end{cases} \tag{2}$$

dans lesquelles

Q est un angle auxiliaire,
P l'angle au pôle,
d la distance polaire,
c la colatitude,

on obtient Z d'une façon indépendante des hauteurs

La détermination du méridien magnétique exige diverses précautions, dont la première est de s'assurer que le fil de suspension du barreau n'est doué d'aucune force de torsion capable d'écarter l'aiguille aimantée de la direction que le magnétisme terrestre lui assigne On s'en assure en substituant à l'aimant un barreau en cuivre de même poids, et en tournant le treuil de suspension jusqu'à ce que le barreau de cuivre se maintienne dans l'axe du microscope La division du tambour correspondant à l'index de

la monture est le *zéro de torsion* Cette position peut varier un peu avec l'état hygrométrique et la température, il faut la vérifier de temps en temps, et la rectifier quand il y a lieu Il est important de noter que, dans toutes les opérations qui seront enumérées, les pointes sur le barreau aimanté se font suivant l'axe du microscope, c'est-à-dire dans le plan du zéro de torsion

Le fil de suspension doit être aussi fin que possible Les fils de soie employés sont d'abord traites par l'eau de savon bouillante, puis tendus parallèlement, chacun par un poids distinct, on les relie ensuite en un seul faisceau en conservant leur parallélisme, et le tout est enduit de suif Les fils ainsi preparés n'ont qu'une force de torsion très faible La suspension, formée de deux fils simples seulement, a résisté pendant toute la campagne.

Le barreau aimanté reposant dans son étrier et les fils verticaux étant au foyer de l'oculaire, on doit voir nettement le petit trait vertical des deux disques d'argent, sinon il faut agir sur les vis de réglage Nord et Sud du treuil pour arriver à ce résultat On lit ensuite sur le cercle azimutal les positions du vernier correspondant au pointé du fil central du microscope sur chacun des repères; on fait la moyenne des deux lectures, et l'on corrige l'erreur d'excentricité au moyen des vis de réglage Est et Ouest du treuil Enfin, le microscope étant horizontal, on règle, à l'aide du treuil, la hauteur du fil de suspension, de telle sorte que l'axe de l'aiguille se trouve approximativement dans le prolongement de l'axe du microscope repére par un fil horizontal placé au foyer de l'oculaire

Ces rectifications étant achevées, il n'y a plus qu'à pointer successivement le microscope sur chacune des extrémités du barreau. On fait à chaque pointe la lecture du vernier sur le cercle horizontal et l'on prend la moyenne des deux lectures On corrige ainsi l'excentricité de l'aiguille que les vis de calage n'auraient pas fait disparaître entièrement et l'excentricité du microscope. La moyenne obtenue donne la direction de la ligne des repères du barreau, ligne qui peut sensiblement s'écarter du méridien magnétique On retourne ensuite le barreau sur lui-même, et l'on pointe de nouveau le microscope sur les deux repères. La demi-somme des moyennes donne finalement la direction moyenne vraie de l'axe magnétique du barreau On fait généralement deux doubles lectures avant le retournement et deux après

La boussole étant placée très près d'une aiguille de déclinaison ne change pas la direction de celle-ci; on en conclut que le métal de l'instrument ne contient aucune trace de fer. D'ailleurs, lorsqu'on détermine la direction du méridien magnétique dans les deux positions successives, cercle zénithal à l'est du pivot de l'instrument et cercle zénithal à l'ouest de ce pivot, les lectures effectuées sur le cercle azimutal sont toujours concordantes; il suffit par suite d'opérer dans une seule position de l'instrument.

La trace du méridien magnétique a été successivement déterminée avec chacune des deux aiguilles que possède la boussole; elle est fournie dans le Tableau des *déclinaisons*, sous le titre : *Relèvements du Nord magnétique*.

Il est quelquefois assez difficile de maintenir l'aiguille en repos quand il y a du vent ou lorsque le sol n'est pas suffisamment stable. Il faut alors opérer quand le barreau oscille; on l'amène dans une position telle que l'amplitude de l'oscillation soit la même des deux côtés de l'axe du microscope. Cependant, à cause du peu de longueur de l'aiguille, les pointés sont moins précis pendant l'oscillation : aussi la caisse G est-elle munie d'un arrêt mobile à vis qui sert à ramener l'aiguille au repos.

A la fin des opérations, on vise de nouveau le point éloigné qui sert de mire.

L'exemple ci-après est extrait du cahier de réduction : des exemples analogues seront fournis plus loin pour la détermination de l'inclinaison et de la composante horizontale de l'intensité.

STATION DE MONTEVIDEO (URUGUAY)

7 août 1882, après midi

(Boussole de voyage de Brunner)

Détermination de la déclinaison

Fond de la baie de Montevideo entre le chemin de fer del Norte, à 150^m du bord de la mer

Latitude	34° 53′ Sud	Relèvements	Tour Sud-Est de la cathédrale	114° 6′
Longitude	$3^h 54^m$,2 Ouest		Phare (sommet du fort du Cerro)	192° 6′

Terrain sablonneux, quelques herbes, ciel découvert, jolie brise de Sud-Ouest

Température	θ	19°
Baromètre	B	761^{mm}
Altitude	ε	3^m

Recherche du méridien terrestre

(Observations du Soleil de $3^h 15^m$ à $3^h 25^m$)

Observé six hauteurs, cercle zénithal à droite, six hauteurs, cercle zénithal à gauche
Moyenne, relevement du Nord vrai 297° 21′,0

Recherche du méridien magnétique

Cercle zénithal dans l'Est, tambour 34^p,4

Aiguille n° 2 de $3^h 35^m$ à $3^h 45^m$	Marque de l'aiguille dessus		dessous	Aiguille n° 1 de $3^h 55^m$ à $4^h 05^m$	Marque de l'aiguille dessus		dessous
Nord	305° 35′,0	Nord	305° 32′,0	Nord	305° 34′,3	Nord	305° 35′,0
Sud	125 34,5	Sud	125 34,5	Sud	125 34,7	Sud	125 36,0
Nord	305 35,0	Nord	305 33,3	Nord	305 34,5	Nord	305 35,0
Sud	125 35,0	Sud	125 34,5	Sud	125 34,5	Sud	125 36,0
	305 34,9		305 33,6		305 34,5		305 35,5

	Aiguille n° 2	Aiguille n° 1
Relèvement du Nord magnét	305 34,2	305 35,0
Relèvement du Nord vrai	297 21,0	297 21,0
Declinaison Est	**8° 13′,2 à $3^h 40^m$**	**8° 14′,0 à $4^h 0^m$**

Une deuxième mesure effectuée avec l'aiguille n° 2 a donné 8° 13′,6 à $4^h 30^m$

La détermination indirecte de la trace du méridien magnétique (p 397) a fourni pour relevement du Nord magnétique 305° 35′,5 à $4^h 20^m$

Détermination de l'inclinaison

La boussole de voyage ne fournit pas directement l'inclinaison

La mesure de cet élément est basee, comme dans le théodolite magnétique de Lamont, sur l'emploi d'un phénomène d'influence On fait usage d'un cylindre de fer doux P, enveloppé de laiton et pouvant s'introduire dans une douille à baionnette R, fixée à l'opposé du cercle limbe zenithal, et participant également à la rotation de l'instrument autour de l'axe vertical La douille et le cylindre de fer doux peuvent en outre tourner autour d'un axe Q situé dans le plan horizontal passant par le centre de l'aiguille, et se fixer au moyen d'un arrêt à ressort dans les quatre positions rectangulaires suivantes *vertical bas, horizontal nord, vertical haut, horizontal sud,* selon que l'extrémite libre du cylindre de fer doux est tournée vers le bas, vers le Nord, vers le haut ou vers le Sud

Si l'on suppose d'abord le cylindre placé verticalement et dirigé vers le bas, il s'aimante proportionnellement à l'intensité de la composante verticale de la force magnétique terrestre. Si A est une constante dependant de la nature du fer et de ses dimensions, l'aimantation sera $AT \sin I$

Le cylindre ainsi aimante produira sur le barreau une deviation α qu'on mesure en pointant le trait central du microscope sur les repères du barreau, et en faisant la lecture sur le limbe azimutal, comme pour la determination du meridien magnétique

L'action du cylindre sur le barreau aimante sera $NAT \sin I$, N etant une autre constante dépendant du barreau, de sa distance au cylindre et de l'écartement des pôles de ce cylindre

Si l'on désigne par M le moment magnetique du barreau, sa force directrice aura pour expression $MT \cos I \sin \alpha$; on aura donc la premiere égalité

$$NAT \sin I = MT \cos I \sin \alpha, \tag{1}$$

d'où

$$\tan g I = \frac{M}{NA} \sin \alpha$$

Plaçant maintenant le cylindre P dans une position horizontale, il s'ai-

mantera proportionnellement à l'intensité de la composante horizontale de la force magnétique terrestre et produira une autre déviation sur le barreau, soit β cette déviation Comme on ramène toujours l'axe du microscope sur les repères, le cylindre sera aussi écarté du méridien de l'angle β La composante horizontale de la force terrestre qui agit sur lui sera donc $T \cos I \cos \beta$ [1]; son degré d'aimantation sera $AT \cos I \cos \beta$, et son action sur le barreau sera $N'AT \cos I \cos \beta$, N' différant de N par suite du changement de position relative des pôles D'autre part, la force directrice du barreau aimanté sera $MT \cos I \sin \beta$, et l'on aura

$$N'AT \cos I \cos \beta = MT \cos I \sin \beta$$

Simplifiant et combinant avec (1), on obtient

$$\tang I = \frac{N'}{N} \frac{\sin \alpha}{\tang \beta}$$

Voici comment on opère ·

La déviation étant mesurée dans la position *vertical bas* du cylindre, par exemple, par la lecture a, on fait tourner la douille de 90°, de manière à diriger l'extrémité libre du cylindre vers le Nord, ce qui produit une déviation mesurée par la lecture b. On effectue une nouvelle rotation de 90°, dans le même sens, le cylindre prend la position *vertical haut* et soit a' la lecture correspondante Continuant à faire tourner d'une même quantité, on obtient une autre déviation et une lecture b' dans la position *horizontal sud,* après laquelle on revient successivement, par une rotation en sens contraire, aux positions *vertical haut, horizontal nord, vertical bas* fournissant les lectures respectives a'', b'', a'''

Il est évident que, si le métal du cylindre était parfaitement homogène, le fer complètement doux, le cylindre étant supposé d'ailleurs reprendre identiquement la même position après la rotation, et la valeur de la décli-

---

(1) Cette formule suppose que l'aimantation du fer doux se fait exactement suivant l'axe du barreau, ce qui n'est pas rigoureusement vrai L'axe polaire du nouvel aimant se rapproche toujours plus ou moins de la diagonale et forme avec le méridien un angle plus petit que β La correction par β n'est donc qu'approchée, aussi ne convient-elle que pour des inclinaisons peu différentes et le coefficient B, comme on le verra plus loin, change avec la latitude

naison restant constante, ainsi que la température, on aurait $a''' = a$, $a'' = a'$, $b'' = b$ Dans la pratique, ces conditions multiples ne sont jamais entièrement réalisées; de là diverses causes d'erreurs, que l'on atténue, autant que possible, par les précautions suivantes :

L'extrémité du cylindre que l'on engage dans la douille est toujours la même, et l'on suit une règle uniforme dans l'ordre des positions successives qu'on lui fait occuper La rapidité de l'opération ne doit pas être telle que le cylindre, dans chaque position nouvelle, n'ait pas le temps de prendre son équilibre magnétique; il faut, de plus, tenir compte que, par suite de son inertie magnétique, le fer doux, lorsqu'il est ramené à une position dont il avait été écarté, peut ne pas retrouver exactement le même degré d'aimantation L'ordre suivi dans les opérations est celui qui a été indiqué précédemment

Si l'on pose

$$\alpha = \frac{(a + a''') - (a' + a'')}{4},$$

$$\beta = \frac{(b + b'') - 2b'}{4},$$

$$\frac{N'}{N} = B;$$

on a

$$\operatorname{tang} I = B \frac{\sin \alpha}{\operatorname{tang} \beta}$$

Ce mode d'opérer a surtout pour objet d'éliminer les variations de déclinaison qui fausseraient les valeurs de α et de β et par suite celle de I; elles sont plus à craindre que les changements dans la température du cylindre P Cependant, si cette température variait sensiblement, il faudrait faire suivre les deux séries de lectures précédentes d'une nouvelle détermination de la valeur de α

Il suffit généralement de faire un ou deux pointés des deux extrémités du barreau dans chaque position du cylindre

Détermination du coefficient B

Le coefficient B s'obtient au moyen de la relation

$$B = \operatorname{tang} I \frac{\operatorname{tang} \beta}{\sin \alpha},$$

dans les stations où l'on peut effectuer des observations comparatives de la boussole de voyage et d'une boussole d'inclinaison donnant directement la valeur de I Il est nécessaire de répéter les déterminations plusieurs fois et dans les lieux correspondant aux inclinaisons moyennes et extrêmes de la région où l'on est appelé à opérer

La relation précédente montre que l'instrument est dans des conditions défavorables pour fournir le coefficient B et l'inclinaison I lorsque les valeurs de α ou de β sont très faibles

Le Tableau de la page suivante donne les valeurs trouvées pour B, ainsi que les éléments qui ont servi à les calculer

En 1879, la valeur de B, déterminée par une serie d'observations effectuées sur le pilier de l'escarpe du bastion n° 82, situé dans le sud du parc de Montsouris, a été trouvée égale à 1,263 La moyenne des valeurs obtenues en 1882 et en 1883 sur le même pilier et à l'Observatoire magnetique du parc de Saint-Maur est de 1,259, nombre presque identique au précédent

Il a été rationnel d'adopter la valeur B = 1,214 pour toutes les mesures effectuées sur le continent americain entre les lignes isocliniques de 30° et de 40° sud.

Valeurs du coefficient B.

STATIONS	DATES	HEURES		POSITION de l'instrument	TEMPÉRATURE de l'air ambiant θ	VALEURS moyennes de I mesurées au moyen de la boussole III	DÉVIATIONS		VALEURS	
		temps moyen local	temps moyen de Paris				α	β	calculées de B	adoptées de B
Parc de St-Maur (France)	1882-26 juin	h 4,8 S	h 4,8 S	E	° 21	° ′ 65 24,5 N	° ′ 21 13,2	° ′ 11 53,2	1,271	
	1882-27 juin	11,7 M	11,7 M	O	18	65 25,2 N	21 20,9	11 57,6	1,272	1,266
	1882-27 juin	2,3 S	2,3 S	O	19	65 25,7 N	21 21,2	11 48,8	1,257	
Montevideo (Uruguay)	1882- 7 août	4,8 S	8,7 S	E	18	29 19,7 S	5 15,6	11 9,4	1,207	
Talcahuano (Chili)	1882-19 août	0,8 S	6,0 S	O	17	37 58,1 S	7 11,7	11 7,2	1,224	
Santiago (Chili)	1882-30 août	11,4 M	4,3 S	O	16	33 27,2 S	6 6,2	11 7,9	1,223	1,214
Cerro-Negro (Chili)	1882-23 oct	10,2 M	3,1 S	O	19	33 49,3 S	6 18,8	11 12,4	1,207	
	1882-26 nov	9,3 M	2,2 S	O	21	33 48,3 S	6 13,7	11 4,9	1,209	
Parc de St-Maur (France)	1883- 2 juin	2,0 S	2,0 S	E	22		21 2,3	11 45,1	1,267	
	1883- 2 juin	3,4 S	3,4 S	E	22	65 26,3 N	21 2,1	11 35,2	1,250	
	1883- 5 juin	11,3 M	11,3 M	O	26		21 4,2	11 36,0	1,245	1,253
	1883- 5 juin	1,8 S	1,8 S	O	26	65 22,0 N	21 1,1	11 35,6	1,247	
	1883- 5 juin	3,7 S	3,7 S	E	27		20 58,0	11 39,1	1,257	
Montsouris (France)	1883-12 juillet	4,5 S	4,5 S	O	27		21 4,3	11 34,6	1,248	
	1883-12 août	9,5 M	9,5 M	O	18	65 28,2	20 53,3	11 33,7	1,257	1,257
	1883-12 août	10,0 M	10,0 M	E	19		20 57,2	11 41 0	1,267	

STATION DE TALCAHUANO (CHILI)

19 août 1882, après midi

(Boussole de voyage de Brunner)

Détermination de l'inclinaison

Colline au-dessus de la gare du chemin de fer, à 500m de cette gare

Latit 36° 42' Sud	Relevements	Clocher de l'église	332° 25'	Nord magnétique 21° 47'
Long 5h 1m,7 Ouest		Mât de pavillon de l'hôpital	346° 32'	

Terrain gazonné avec quelques arbustes, Soleil par intervalles, presque calme

Température	θ	17°
Baromètre	B	766mm
Altitude	ε	50m

Mesure des déviations de 0h 45m *à* 1h 15m

Cercle zénithal dans l'Ouest Tambour 34p,4 Aiguille n° 2, marque dessus Extrémité marquée du cylindre de fer doux à l'opposé de la douille

	Vertical bas	Horiz nord	Vertical haut	Horizontal sud	Vertical haut	Horiz nord	Vertical bas
N	14° 1',0	32° 1',2	28° 32',7	9° 45',0	28° 16',7	31° 57',0	14° 1',5
S	193 59,0	211 58,7	208 29,5	189 42,2	208 14,2	211 54,5	193 58,0
N	14 1,5	32 2,2	28 31,5	9 45,2	28 17,5	31 57,0	14 1,0
	$a=$ 14 00,1	$b=$ 32 00,2	$a'=$ 28 30,8	$b'=$ 9 43,6	$a''=$ 28 15,6	$b''=$ 31 55,7	$a'''=$ 13 59,6

$$\alpha = \frac{(a+a''') - (a'+a'')}{4} = 7^\circ 11',7, \quad \beta = \frac{(b+b'') - 2b'}{4} = 11^\circ 07',2$$

Adoptant la valeur B = 1,214, on a

$$\operatorname{tang} I = 1,214 \frac{\sin 7^\circ 11',7}{\operatorname{tang} 11^\circ 7',2},$$

I = 37° 43 Sud

Determination de l'intensité horizontale

1° Méthode des oscillations

Si, sur différents points de la Terre, on fait osciller horizontalement une même aiguille aimantée suspendue à un fil sans torsion, et si l'on détermine en chaque lieu le nombre d'oscillations effectuées dans un temps donné, on peut prendre pour mesure des forces horizontales H les carrés de ces nombres d'oscillations Cette force horizontale est, en effet, analogue à celle de la pesanteur agissant sur un pendule en mouvement.

En désignant par

t la duree d'une oscillation simple dans un lieu donné,
k^2 le moment d'inertie de l'aiguille,
M son moment magnétique,

on a

$$t = \pi \sqrt{\frac{k^2}{HM}}$$

ou

$$HM = \frac{\pi^2 k^2}{t^2} \qquad (1)$$

Si l'on fait osciller le même barreau dans un autre lieu où la composante horizontale a une valeur différente H', on a de même

$$H'M = \frac{\pi^2 k^2}{t'^2}, \quad \text{d'où} \quad \frac{H}{H'} = \frac{t'^2}{t^2},$$

H ayant été mesure par exemple dans le premier lieu, au moyen d'une détermination absolue, on aura

$$H' = \frac{Ht^2}{t'^2}$$

Le barreau aimanté étant placé dans l'étrier du fil de suspension et ayant pris la direction du méridien magnétique, on fait tourner l'appareil jusqu'à ce que le fil central du microscope soit pointé sur les repères, et l'on donne un léger mouvement d'oscillation à l'aiguille qui fait des excursions égales de chaque côté du fil. Se mettant alors en observation, on compte zéro et

l'on note la seconde et la fraction de seconde qui correspondent au moment où l'extrémité de l'aiguille que l'on observe passe devant le fil central, et l'on compte 1, 2, 3, .. à chaque retour consécutif de l'aiguille devant ce même point du réticule, soit qu'elle vienne de l'Est, soit qu'elle vienne de l'Ouest, en donnant un top de vingt en vingt oscillations par exemple On s'arrête généralement au nombre cent Après avoir compté vingt oscillations, on peut se dispenser de compter une à une les suivantes en calculant approximativement, à l'aide de la durée totale de ces vingt premières, les époques de la quarantième, de la soixantième, etc , et en ne se mettant en observation qu'aux approches de ces époques

S'il y a quelques divergences dans les valeurs obtenues par les différents groupes, on recommence jusqu'à ce que l'on obtienne une valeur très précise de la durée moyenne t d'une oscillation

Plusieurs causes peuvent altérer la valeur de t

1° La force de torsion du fil de suspension,

2° L'amplitude des oscillations qui doit être assez petite pour qu'il n'y ait pas lieu d'appliquer de correction à la formule précédente, rigoureuse seulement pour des oscillations infiniment petites,

3° Les changements de température qui font varier le moment d'inertie k^2 de l'aiguille et surtout son moment magnétique M Il en résulte que, si les températures du barreau sont différentes dans les deux stations, il peut être nécessaire, pour les rendre comparables, d'appliquer une correction déterminée par l'expérience.

La recherche du coefficient de température n'a été faite que pour les aiguilles de la boussole IV La construction de la boussole de voyage, qui permet de conserver à l'aiguille d'oscillation placée dans sa cage une température très voisine de celle de l'air ambiant, et les conditions dans lesquelles se sont effectuées les observations ont permis de négliger la correction relative à la température On a pu de même ne pas tenir compte de la force presque nulle de torsion, ainsi que de l'amplitude des oscillations qu'on a toujours maintenues dans les environs des fils du réticule

La valeur de la composante horizontale H n'a été mesurée au moyen de la seule méthode des oscillations que dans quelques stations où le temps a manqué pour effectuer une observation absolue. Cette méthode a l'inconvénient de supposer que le moment magnétique M de l'aiguille reste con-

stant, ou du moins qu'il ne varie que sous l'influence de la température L'expérience prouve qu'il n'en est pas toujours ainsi, surtout avec les aiguilles nouvellement aimantées Dans ce cas, la necessité s'impose de mesurer H avec une boussole d'intensité absolue qui permet d'eliminer tous les changements accidentels pouvant se produire dans la valeur de M

2° Méthode de Gauss

La boussole de voyage est disposée pour recevoir deux règles horizontales semblables, que l'on fixe, l'une en Q, l'autre en Q′, sur une même ligne perpendiculaire à la direction de l'axe du microscope, et par suite à celle de l'aiguille suspendue dans la cage Chacune d'elles porte deux étriers fixes, placés symetriquement par rapport à l'étrier mobile de la cage, aux distances R et R′ et destinés à supporter le barreau déviant Si l'on suppose celui-ci placé sur la règle Q à la distance R par exemple, l'aiguille, qui était dirigée suivant le méridien magnétique, sera déviée · soit δ_1 cette déviation, que l'on mesure comme toujours en ramenant l'axe du microscope sur les repères et en faisant la lecture sur le cercle azimutal Les deux barreaux sont dans des directions perpendiculaires · c'est le procéde de Gauss L'aiguille déviante est retournée bout pour bout et l'on mesure la nouvelle déviation δ_2 qui se produit en sens inverse Genéralement δ_1 diffère un peu de δ_2, à cause du petit défaut de centrage de l'axe magnétique du barreau sur l'étrier Cette erreur s'élimine dans la moyenne $\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$

Faisant abstraction de certains termes, dont l'influence est négligeable dans le cas actuel (¹), on peut mettre l'équation d'équilibre sous la forme simplifiée

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{R^3 \sin\delta}\left(1 + \frac{a}{R^2}\right) \tag{2}$$

L'opération étant repetée dans les mêmes conditions et sur la même règle, à la distance R′, on obtient la déviation δ' et l'equation

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{R'^3 \sin\delta'}\left(1 + \frac{a}{R'^2}\right), \tag{3}$$

(¹) *Conferences* de M Mascart

qui, combinée avec (1), donne

$$(4) \qquad \frac{a}{R^2} = \frac{\left(\frac{R}{R'}\right)^3 \frac{\sin\delta}{\sin\delta'} - 1}{1 - \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \left(\frac{R}{R'}\right)^3 \frac{\sin\delta}{\sin\delta'}}$$

Il suffit alors de remplacer $\frac{a}{R^2}$ par cette valeur dans l'équation (2) qui fournit le rapport $\frac{H}{M}$

Si l'axe du théodolite n'est pas parfaitement vertical, les distances mesurées R et R′ du fil de suspension au milieu des étriers fixes ne demeurent pas constantes C'est pour remedier à cette cause d'erreur que l'on établit en Q′ une seconde règle destinée à répéter les mêmes opérations.

Dès lors, si l'on désigne par 2R et par 2R′ les distances invariables qui séparent les milieux des étriers fixes, ce sont les demi-distances R et R′ qui entrent dans les formules précédentes, et l'on prend la moyenne des déviations obtenues en plaçant le barreau déviant dans des positions symétriques à l'est et à l'ouest du barreau dévié.

L'ordre suivi dans ces observations croisées est arbitraire, le suivant a été constamment adopté pour la boussole de voyage, l'aiguille n° **2** étant le barreau dévié, l'aiguille n° **1** le barreau déviant :

1° ON'O,	c'est-à-dire	Règle	de l'Ouest	Distance	R′.	Pôle nord du barreau **1**	à l'Ouest	Lecture	d'_1
2° ONO,	»	»	»	»	R	»	»	»	d_1
3° ENE,	»	»	de l'Est	»	R	»	à l'Est	»	d_2
4° EN'E,	»	»	»	»	R′	»	»	»	d'_2
5° EN'O,	»	»	»	»	R′	»	à l'Ouest	»	d'_3
6° ENO,	»	»	»	»	R	»	»	»	d_3
7° ONE,	»	»	de l'Ouest	»	R	»	à l'Est	»	d_4
8° ON'E,	»	»	»	»	R′	»	»	»	d'_4

On a

$$\delta = \frac{(d_1 + d_3) - (d_2 + d_4)}{4},$$

$$\delta' = \frac{(d'_1 + d'_3) - (d'_2 + d'_4)}{4}.$$

Il faut remarquer que les moyennes $(d'_1 + d'_4)$, $(d_1 + d_4)$, $(d'_2 + d'_3)$, $(d_2 + d_3)$ ont toujours donné avec précision la trace du méridien magnétique que l'on détermine directement par des pointés sur l'aiguille n° **2**.

La valeur du rapport $\frac{H}{M}$ étant ainsi fournie par l'équation (2), on obtient, en la combinant avec la valeur du produit HM déduite de la methode des oscillations [équation (1)],

$$H^2 = \frac{2\pi^2 k^2}{t^2 R^3 \sin\delta}\left(1 + \frac{a}{R^2}\right),$$

d'où

$$H = \frac{\pi k}{R}\,\frac{1}{t}\sqrt{\frac{2}{R\sin\delta}\left(1+\frac{a}{R^2}\right)} \tag{5}$$

R et R' ayant eté très exactement mesurés, le terme $\frac{a}{R^2}$ étant d'ailleurs obtenu au moyen de (4), l'équation précédente, qui permet de calculer la valeur de la composante horizontale H, ne contient plus que la seule inconnue k, racine carrée du moment d'inertie dont on va déterminer la valeur.

Recherche du moment d'inertie K^2 du barreau n° 1 et de l'etrier de suspension

La monture en cuivre, dans laquelle est enchâssé le barreau n° 1, n'ayant pas une forme géométrique définie permettant le calcul direct du moment d'inertie du barreau et de son étrier, il a fallu déterminer cette quantité par l'expérience A cet effet, on a employé un système auxiliaire composé de deux parallélépipèdes creux en cuivre, semblables de forme, autant que possible égaux de poids et pouvant s'ajuster exactement sur les extrémités de l'aiguille.

K^2 étant le moment d'inertie cherché de l'aiguille et de son étrier;
K'^2 le moment d'inertie des deux pièces additionnelles,
t la durée de l'oscillation de l'aiguille seule;
t' la durée de l'oscillation de l'aiguille chargée de ses deux pièces additionnelles

On a

$$t = \pi\sqrt{\frac{K^2}{HM}},$$

$$t' = \pi\sqrt{\frac{K^2+K'^2}{HM}},$$

d'où

$$K^2 = K'^2 \frac{t^2}{t'^2 - t^2}$$

Le problème se résume donc au calcul du moment d'inertie K'^2 des pièces additionnelles, qui ont reçu dans ce but une forme géométrique

Données numériques de l'expérience

Il faut rappeler, en commençant, que les unités employées sont celles du système C G.S adopté par le Congrès de Paris en 1881, c'est-à-dire que les longueurs sont exprimées en centimètres, le temps en secondes et que l'unité de masse est la masse du gramme. L'unité de force C G S, qui est la conséquence de ces trois unités fondamentales, est la force qui, agissant sur la masse d'un gramme, lui communiquerait en une seconde l'accélération d'un centimètre

L'introduction dans les calculs de la masse au lieu du poids a l'avantage d'obtenir des mesures numériques indépendantes de l'intensité particulière de la pesanteur du lieu d'observation.

Les dimensions qui suivent ont été prises très exactement dans les ateliers des frères Brunner au moyen d'un appareil spécial; les pesées ont été effectuées à l'Observatoire météorologique de Montsouris avec une balance de précision, enfin les durées t et t' ont été déterminées par un grand nombre de séries croisées de 100 oscillations, mesurées à l'aide d'un chronographe et d'une pendule

Soient

$2a = 7,002$ la longueur totale du barreau n° 1,
$2a' = 4,756$ la longueur du barreau en dedans des pièces additionnelles,
$2b = 0,2295$ la distance des faces verticales externes des pièces additionnelles;
$2b' = 0,1145$ l'épaisseur de l'aiguille (distance des faces verticales internes des pièces additionnelles),
$m'_1 = 1,0955$ la masse de la pièce de cuivre qui remplit les deux cavités parallélépipédiques;
$m = 1,4022$ la masse des pièces creuses additionnelles,
$m_1 = 2,4977$ la masse des trois pièces de cuivre;

$t = 2,985$ la durée d'une oscillation de l'aiguille seule,
$t' = 4,083$ la durée d'une oscillation de l'aiguille chargée des pièces additionnelles.

Pour calculer le moment d'inertie K'^2 des pièces additionnelles, on a considéré les quatre parallélépipèdes rectangles suivants, que l'on suppose formés de même métal que les pièces additionnelles :

P parallélépipède ayant les dimensions extérieures des pièces additionnelles et la longueur $2a$ du barreau ;
P' parallélépipède ayant les dimensions extérieures des pièces additionnelles et la longueur $2a'$;
p parallélépipède ayant les trois dimensions du barreau ;
p' parallélépipède ayant deux dimensions du barreau et la longueur $2a'$ au lieu de $2a$

On voit facilement que les pièces additionnelles sont égales à

$$(P - P') - (p - p')$$

et que l'on a pour leur moment d'inertie

$K'^2 =$ (mom d'inertie de P — mom d'inertie de P') — (mom d'inertie de p — mom d'inertie de p')

Chacun de ces quatre parallélépipèdes oscille autour d'un axe passant par son centre et parallèle aux arêtes verticales, le moment d'inertie de chacun d'eux a donc pour mesure $\frac{1}{12}$ de sa masse multipliée par la somme des carrés des deux dimensions perpendiculaires à l'axe de rotation

Soient X, X', x, x' les masses respectives de P, P', p, p', on a évidemment

$$X = \frac{am_1}{a - a'}, \quad X' = \frac{a'm_1}{a - a'}, \quad x = \frac{am'_1}{a - a'}, \quad x' = \frac{a'm'_1}{a - a'},$$

et le moment d'inertie cherché est

$$K'^2 = \frac{am_1}{3(a - a')}(a^2 + b^2) - \frac{a'm_1}{3(a - a')}(a'^2 + b^2)$$
$$- \frac{am'_1}{3(a - a')}(a^2 + b^2) + \frac{a'm'_1}{3(a - a')}(a'^2 + b^2).$$

Effectuant les opérations et remarquant que $m_1 - m'_1 = m$, on a

$$K'^2 = \frac{1}{3}\left(m\frac{a^3 - a'^3}{a - a'} + m_1 b^2 - m'_1 b'^2\right)$$

Le calcul de cette expression donne

$$K'^2 = 12,273,$$

d'où

$$K^2 = 14,091$$

Après vérification des mesures, c'est ce nombre qui a été adopté pour la valeur du moment d'inertie de l'aiguille n° **2** et de l'étrier

Avec la même machine des frères Brunner, on a pris les dimensions instrumentales suivantes, en pointant le fil de suspension et les deux extrémités de l'aiguille **1** placee successivement aux deux distances sur la règle de droite et sur la règle de gauche :

$$\left.\begin{array}{lll} 2R = 28^{cm},626, & \text{d'où} & R = 14,313; \\ 2R' = 33^{cm},118, & \text{d'où} & R' = 16,559. \end{array}\right\} \text{Température } \theta = +19^\circ.$$

On connaît maintenant tous les éléments qui entrent dans les formules (4) et (5) au moyen desquelles on obtient la valeur absolue de H

Ainsi qu'on l'a déjà dit, et comme on le montrera quand viendra la discussion du coefficient de température pour les aiguilles de la boussole IV, la variation de K^2 pour la température est negligeable; d'un autre côté, il n'y a pas lieu de tenir compte des variations que peut subir M, puisque ce facteur est élimine dans les calculs Pour le cas seulement où se produit un changement notable dans la température du barreau **1** entre les expériences d'oscillation et celles de deviation, il faut faire précéder et suivre ces dernières de la mesure de la durée d'une oscillation, et l'on adopte pour t la valeur moyenne En opérant de la sorte, les résultats trouvés pour H ne sont plus entachés que des erreurs accidentelles d'observation.

STATION DE MONTEVIDEO (URUGUAY)

7 août 1882, après midi

(Boussole de voyage de Brunner)

Détermination de l'intensité horizontale

Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage, à 150^m du bord de la mer

Latit. 34° 53′ S	Relève-	Tour Sud-Est de la cathédrale	114° 6′	Nord magné-	
Long. 3^h 54^m,2 O	ments	Phare (sommet du fort du Cerro)	192° 6′	tique .	305° 35′

Terrain sablonneux, quelques herbes. Ciel découvert. Jolie brise de S.-O.

Température	θ	18°
Baromètre	B	761^{mm}
Altitude	ε	3^m

Cercle zénithal dans l'Est. Tambour 34^p,4. Aiguille déviante n° 1, marque dessus

Aiguille déviée n° 2, marque dessus

Mesure des déviations de 4^{h}10^m à 4^{h}30^m

	ON'O	ONO	ENE	EN'E
Nord	312° 45′	316° 32′,5	294° 46′,7	298° 32′,5
Sud	132 44	136 31,2	114 45,7	118 31,2
	d'_1 = 312 44,5	d_1 = 316 31,8	d_2 = 294 46,2	d'_2 = 298 31,8

	EN'O	ENO	ONE	ON'E
Nord	312° 38′,5	316° 22′,5	294° 42′,0	298° 28′,0
Sud	132 37,5	136 21,8	114 41,5	118 27,5
	d'_3 = 312 38,0	d_3 = 316 22,1	d_4 = 294 41,7	d'_4 = 298 27,7

$$\delta = \frac{(d_1 + d_3) - (d_2 + d_4)}{4} = 10^\circ 51',5, \quad \delta' = \frac{(d'_1 + d'_3) - (d'_2 + d'_4)}{4} = 7^\circ 5',7$$

Mesure des oscillations à 4^{h}00^m et à 4^{h}35^m

Durée moyenne de cent oscillations:

Aiguille n° 1	261^s,5,	d'où $t = 2^s,615$,
Aiguille n° 2	253^s,8,	d'où $t' = 2^s,538$

Calcul de H

$$H^2 = \frac{2\pi^2 k^2}{t^2 R^3 \sin\delta}\left(1 + \frac{a}{R^2}\right), \qquad \frac{a}{R^2} = \frac{\left(\frac{R}{R'}\right)^3 \frac{\sin\delta}{\sin\delta'} - 1}{1 - \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \left(\frac{R}{R'}\right)^3 \frac{\sin\delta}{\sin\delta'}}.$$

On trouve pour les termes constants les valeurs suivantes

$$\log \frac{2\pi^2 k^2}{R^3} = 8,97708, \quad \log\left(\frac{R}{R'}\right)^3 = 9,81009, \quad \log\left[\left(\frac{R}{R'}\right)^2\left(\frac{R}{R'}\right)^3\right] = 9,68348,$$

d'où

$$H = 0,2636$$

Détermination indirecte de la trace du méridien magnétique

$$\frac{d'_1 + d'_4}{2} = 305^\circ 36',1, \quad \frac{d'_2 + d'_3}{2} = 305^\circ 34',9, \quad \frac{d_1 + d_4}{2} = 305^\circ 36',7, \quad \frac{d_2 + d_3}{2} = 305^\circ 34',2$$

Moyenne	305° 35',5
La détermination directe (p. 381) a donné	305° 35',0

Énumération des déterminations effectuées.

Chaque fois que les circonstances l'ont permis, la boussole de voyage a été employée pour obtenir des résultats absolus. Ces résultats, comparés aux expériences simultanées d'oscillations effectuées avec les deux aiguilles de l'instrument et avec celles de la boussole IV, ont fourni des coefficients que l'on a pu utiliser pour calculer la valeur de H dans tous les cas où la méthode des oscillations a été seule praticable.

Le Tableau suivant renferme les déterminations absolues et les observations d'oscillations effectuées avec les aiguilles 1 et 2. H étant connu par les premières dans une station donnée, on peut calculer le produit Ht^2 pour chacune des aiguilles que l'on a fait osciller à la même époque dans la même station.

Les valeurs de Ht^2 ainsi obtenues devraient être constantes pour chaque aiguille dans les différents lieux si M ne subissait pas de variation : de la relation (1) on déduit en effet

$$Ht^2 = \frac{\pi^2 K^2}{M}$$

On groupe les différents résultats par époques correspondant à une valeur à peu près uniforme, et l'on en fait la moyenne par groupe. Cette valeur moyenne est adoptée pour le calcul de H pendant cette période de temps dans les lieux où l'on n'a fait que des mesures d'oscillations.

STATIONS	DATES	HEURES		POSITION de l'instrument	TEMPÉRATURE de l'air ambiant θ	DÉTERMINAT[IONS]	
		temps moyen local	temps moyen de Paris			DURÉE de l'oscillation de l'aiguille I *t*	DÉVIATI[ON] aiguille 1 d[e l']aiguille 2 d[…] δ
		h	h		°	s	° ′
Parc de Saint-Maur (France)	1882-26 juin	11,8 M	11,8 M	F	20	3,049	14 37,0
	1882-26 juin	3,5 S	3,5 S	E	21	3,047	14 40,1
	1882-27 juin	10,3 M	10,3 M	O	18	3,054	14 40,7
	1882-27 juin	3,2 S	3,2 S	O	19	3,043	14 45,1
Lisbonne (Portugal)	1882-19 juillet	9,6 M	10,4 M	E	22	»	»
Saint-Vincent (1) Iles du cap Vert	1882-24 juillet	0,7 S	2,5 S	E	26	2,538	9 [illegible]3,1
Rio-Janeiro (Brésil)	1882- 3 août	10,6 M	1,6 S	O	20	2,64[illegible]	10 58,[illegible]
Montevideo (Uruguay)	1882- 7 août	4,2 S	8,1 S	E	18	2,615	10 51,[illegible]
Talcahuano (Chili)	1882-19 août	1,5 S	6,5 S	O	17	2,539	10 13,1
Santiago (Chili)	1882-30 août	10,6 M	3,5 S	E	15	2,545	10 16,[illegible]
Cerro-Negro (Chili)	1882-16 oct	11,5 M	4,4 S	O	25	»	»
	1882-23 oct	9,5 M	2,4 S	O	19	2,545	10 16,8
	1882-26 nov	8,0 M	0,9 S	O	21	2,546	10 17,3
Cauquenes (Chili)	1882-25 déc	5,1 S	10,0 S	O	23	»	»
Valparaiso (Chili)	1883- 2 févr	10,2 M	3,1 S	O	20	2,555	10 17,3
Angol (Chili, Araucanie)	1883-10 févr	10,7 M	3,7 S	E	22	2,534	10 06,6
Santiago (Chili)	1883- 1 mars	9,6 M	2,5 S	O	25	2,566	10 10,8
Santa-Rosa de los Andes (Chili)	1883- 7 mars	8,8 M	1,7 S	O	16	2,582	10 25,4
Puente de l'Inca (République Argentine)	1883- 9 mars	7,6 M	0,5 S	O	10	»	»
Punta de la Vaca (République Argentine)	1883- 9 mars	5,0 S	9,8 S	O	12	2,[illegible]53	10 19,[illegible]
Mendoza (République Argentine)	1883-12 mars	11,0 M	3,7 S	E	23	2,570	10 20,5
Rio Cuarto (République Argentine)	1883-15 mars	4,5 S	8,9 S	O	19	»	»
Rosario (République Argentine)	1883-16 mars	2,2 S	6,4 S	O	28	2,611	10 31,[illegible]
Buenos-Ayres (République Argentine)	1883-21 mars	9,7 M	1,7 S	O	24	2,638	10 28,[illegible]
	1883-22 mars	4,8 S	8,8 S	O	26	2,638	10 27,7
	1883-23 mars	10,0 M	2,0 S	E	22	2,6[illegible]3	10 34,8
Parc de Saint-Maur (France)	1883- 2 juin	10,8 M	10,8 M	F	20	3,058	14 33,7
	1883- 2 juin	3,8 S	3,8 S	O	22	3,077	14 [illegible]
	1883- 5 juin	10,6 M	10,6 M	O	25	3,078	14 [illegible],7
	1883- 5 juin	2,7 S	2,7 S	O	27	3,07[illegible]	14 [illegible]
	1883- 5 juin	4,5 S	4,5 S	F	26	3,068	14 [illegible]5,8

(1) Ile volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

…ATIONS ABSOLUES			DÉTERMINATIONS PAR LA MÉTHODE DES OSCILLATIONS							
			AIGUILLE 1				AIGUILLE 2			
…tion … dite, δ'	VALEURS du terme $\frac{a}{R}$	INTENSITÉS horizontales H	DURÉE de l'oscillation t	Ht^2 calculé d'après les déterminations absolues	Ht^2 adopté	H conclu	DURÉE de l'oscillation t'	Ht'^2 calculé d'après les déterminations absolues	Ht'^2 adopté	H conclu
31′,9	0,0608	0,1949	»	1,812	»	»	»	»	»	»
33,9	0,0600	0,1947	»	1,808	»	»	2,943	1,687	»	»
34,2	0,0595	0,1943	»	1,812	»	»	2,945	1,685	»	»
37,3	0,0613	0,1943	»	1,800	»	»	2,938	1,677	»	»
»	»	»	2,820	»	1,807	0,2272	»	»	»	»
28,2	0,0608	0,2838	»	1,828	»	»	2,459	1,716	»	»
10,3	0,0593	0,2592	»	1,809	»	»	2,571	1,713	»	»
5,7	0,0567	0,2636	»	1,802	»	»	2,538	1,698	»	»
41,0	0,0595	0,2793	»	1,801	»	»	2,460	1,690	»	»
43,3	0,0600	0,2778	»	1,799	»	»	2,480	1,709	»	»
»	»	»	2,545	»	1,807	0,2789	2,567	»	1,826	0,2771
43,8	0,0625	0,2774	»	1,797	»	»	2,567	1,828	»	»
43,4	0,0563	0,2781	»	1,803	»	»	2,561	1,824	»	»
»	»	»	2,553	»	1,807	0,2772	2,575	»	1,827	0,2756
44,0	0,0615	0,2763	»	1,804	»	»	2,573	1,829	»	»
36,6	0,0573	0,2816	»	1,809	»	»	2,555	1,839	»	»
40,0	0,0634	0,2763	»	1,819	»	»	2,584	1,845	»	»
48,9	0,0582	0,27[illegible]	»	1,814	»	»	2,600	1,840	»	»
»	»	»	2,567	»	1,807	0,2742	2,595	»	1,851	0,2749
45,2	0,0573	0,2766	»	1,803	»	»	2,595	1,863	»	»
46,5	0,0650	0,2735	»	1,806	»	»	2,609	1,862	»	»
»	»	»	2,588	»	1,807	0,2698	2,620	»	1,873	0,2728
52,4	0,0553	0,2683	»	1,829	»	»	2,650	1,884	»	»
10,7	0,0563	0,2660	»	1,851	»	»	2,671	1,898	»	»
49,9	0,0540	0,2665	»	1,855	»	»	2,680	1,914	»	»
55,2	0,0598	0,2657	»	1,828	»	»	2,670	1,894	»	»
19,2	0,0563	0,1951	»	1,825	»	»	3,102	1,878	»	»
12,4	0,0573	0,1950	»	1,846	»	»	3,104	1,879	»	»
12,7	0,0573	0,1950	»	1,846	»	»	3,110	1,886	»	»
14,1	0,0600	0,1948	»	1,836	»	»	3,112	1,887	»	»
4,7	0,0600	0,1950	»	1,835	»	»	3,108	1,888	»	»

Les aiguilles 1 et 2 ont été aimantées à saturation par un courant, le 5 juin 1882, dans le laboratoire de Physique du Collège de France, l'aiguille 1 était neuve, l'aiguille 2 avait subi quelques réparations qui ont nécessité sa réaimantation. L'inspection des valeurs de Ht^2 met en évidence les variations que le temps a fait subir au moment magnétique de chacune de ces aiguilles.

On voit, par exemple, que pour l'aiguille 1, la valeur de Ht^2, et par suite celle de M, est restée à peu près constante depuis le mois de juin 1882 jusqu'au milieu de mars 1883. Cette valeur moyenne est égale à 1,807; les petits écarts accidentels proviennent surtout des différences de température, M diminuant et par suite Ht^2 augmentant en même temps que θ augmente. Dans la période comprise entre le mois de mars 1883 et le mois de juin de la même année, l'aiguille 1 s'est désaimantée, et Ht^2 a pris une valeur moyenne égale à 1,837; d'où il résulte que, dans l'espace de 343 jours, le moment magnétique de l'aiguille 1 a diminué des 0,016 de sa valeur, la composante horizontale ayant d'ailleurs passé de 0,1946 à 0,1950 pendant le même laps de temps au parc de Saint-Maur [1].

L'aiguille n° 2, qui est restée suspendue dans le plan du méridien pendant plus de deux mois dans le but de fournir les variations de la déclinaison, a perdu graduellement une fraction beaucoup plus grande de son magnétisme. Pendant l'année considérée, la valeur de M a en effet diminué de 0,104. On peut juger par là combien il est important, lorsqu'on détermine H par la seule méthode des oscillations, de n'employer que des aiguilles aimantées de longue date et dans lesquelles le magnétisme ne s'affaiblit plus que dans une proportion très minime.

---

[1] Les valeurs de H fournies par une des boussoles de l'observatoire magnétique du parc de Saint-Maur sont plus faibles d'environ $\frac{1}{200}$ de ces valeurs. Cette légère différence provient sans doute de ce que les éléments qui ont servi au calcul des moments d'inertie des deux instruments n'ont pas été mesurés dans des conditions absolument identiques. Les déterminations ultérieures, effectuées à Saint-Maur au moyen d'instruments minutieusement étudiés, montreront s'il y a lieu d'appliquer un coefficient qui sera, dans tous les cas, très voisin de l'unité, aux valeurs de H obtenues par la boussole I.

Appréciation générale de l'instrument.

On a indiqué d'une manière succincte les principales causes d'inexactitude provenant des méthodes et de l'instrument Il ne faut pas rechercher avec une boussole de voyage toute la précision qu'on ne peut atteindre qu'avec des instruments spéciaux, mais difficiles à transporter et délicats à manier De tels instruments ne conviennent qu'à des déterminations effectuées dans des conditions toutes différentes de celles du marin et du voyageur, ceux-ci doivent opérer en effet simplement, rapidement et, si c'est possible, avec un instrument unique, essentiellement portatif, leur permettant de multiplier des observations qui peuvent comprendre de grandes etendues de pays

Il résulte des expériences qui viennent d'etre effectuées pour la première fois avec la boussole de voyage, dans des latitudes magnétiques très differentes, que le procédé employé pour mesurer l'inclinaison ne saurait convenir que dans certains cas particuliers et ne peut dispenser de l'emploi d'une boussole d'inclinaison absolue D'un autre côté, les inconvénients des aiguilles d'inclinaison sont nombreux, ainsi qu'on le verra dans le Chapitre III le problème de la mesure de l'inclinaison n'est donc pas encore résolu d'une façon très pratique; il préoccupe les physiciens et les constructeurs et l'on peut espérer que l'on arrivera prochainement à une solution satisfaisante.

La mesure des deux autres composantes du magnétisme terrestre est plus facile à effectuer Ainsi qu'on l'a exposé, la boussole de voyage fournit avec une exactitude très suffisante les valeurs de la déclinaison et de l'intensité horizontale, bien que les modifications apportées pour la recherche de ce dernier élément n'aient pas permis de mettre l'instrument dans les conditions les plus favorables, tant pour la longueur du fil de suspension que pour les distances des etriers et les dimensions respectives des barreaux déviant et dévié L'addition d'un éclairage pour les observations de nuit, bien supérieures aux observations de jour dans les pays chauds, et d'un thermomètre permettant de constater la température de la cage dans laquelle on place successivement le barreau d'oscillation et l'aiguille déviee compléterait utilement l'instrument.

Il convient d'ajouter, en terminant, que la boussole de voyage des frères Brunner constitue un excellent théodolite, aussi bien pour les observations terrestres que pour les observations astronomiques Cette boussole est d'un maniement commode, d'une grande stabilité : elle réunit en un mot toutes les qualités qu'on est accoutumé à rencontrer dans les instruments qui sortent des ateliers de ces éminents artistes

CHAPITRE II.

THÉODOLITE-BOUSSOLE (HURLIMANN N° 10)

Le théodolite-boussole du Dépôt de la Marine se compose d'un théodolite Lorieux petit modèle, d'une pièce additionnelle en bronze destinée à supporter la boîte qui contient l'aiguille, et d'une petite lentille convexe à très court foyer, qui, superposée à l'objectif de la lunette astronomique, la transforme en microscope Cette disposition est due à M. l'Ingénieur hydrographe Bouquet de la Grye et réalise une amélioration très notable de l'ancien modèle muni d'une aiguille centrale L'instrument, ainsi constitué, quoique n'échappant pas sans doute aux inconvénients inhérents à tout système à pivot, permet d'obtenir des résultats dont le degré d'approximation est presque équivalent à celui que fournit la grande boussole de déclinaison de Lorieux, dont le poids considérable rend l'usage si difficultueux.

Le théodolite Lorieux est trop connu pour qu'il soit besoin de le décrire ici : disons seulement que, dans le modèle adopté, les cercles d'azimut et de hauteur sont égaux, qu'ils ont environ $0^{m},09$ de diamètre, et que les verniers donnent la minute

La mesure de la déclinaison, au moyen de cet instrument comme avec celui de Brunner, se compose de deux opérations tout à fait distinctes :

1° Détermination du méridien géographique,

2° Détermination du méridien magnétique.

On ne répétera pas ce qui a été dit de la première quand il s'est agi de la boussole de voyage (Chapitre I) et qui s'applique mot pour mot au présent instrument : on se bornera à décrire soigneusement la disposition accessoire qui sert à la détermination du méridien magnétique, à parler du réglage dont cette partie de l'instrument doit être l'objet, et des opérations qui permettent d'éliminer certaines des erreurs instrumentales qui peuvent subsister après un reglage imparfait; on terminera enfin en detaillant la

marche qui a été suivie et la façon dont on a toujours opéré pour faire une détermination complète

Description de la pièce additionnelle.

Immédiatement au-dessous du cercle azimutal est un collier mobile, centré sur l'axe vertical, muni d'un côté d'un système de vis de pression et de rappel prenant appui sur le cercle azimutal, et terminé du côté opposé en forme de support. Sous ce support se place, et est maintenue par deux fortes vis, la boîte en bronze contenant l'aiguille Cette boîte est donc mobile, mais son réglage, qui est délicat, est d'une grande importance, et il sera bon de ne la séparer de l'instrument que le plus rarement possible Elle est fermée par un couvercle en bronze terminé par deux petites glaces qui permettent de viser les extrémités de l'aiguille Sa longueur est égale à peu près au double du diamètre des cercles du théodolite Au centre et dans le fond se visse le pivot en platine; une disposition sur laquelle on reviendra permet de lui donner un petit déplacement Aux extrémités de la boîte, deux petites pièces d'ivoire, taillées en forme de secteurs dont le pivot est le centre, servent de limbe à l'aiguille · ces pièces sont fixées de façon à pouvoir prendre un léger mouvement dans le sens perpendiculaire à la longueur de la boîte Près du bord des secteurs sont tracés sur l'ivoire deux petits traits en croix

Dans les conditions de réglage parfait, les points de croisement de ces deux traits et le pivot doivent être en ligne droite; cette ligne doit être horizontale; elle doit passer à une distance de l'axe vertical du théodolite égale à la plus courte distance de cet axe et de l'axe optique de la lunette; enfin la perpendiculaire commune doit passer par le pivot.

La lunette du théodolite ne permet de viser que des objets éloignés; pour pointer les extrémités de l'aiguille, il faut un véritable microscope que l'on réalise en rabattant sur l'objectif de la lunette auquel elle se superpose une petite lentille très convergente enchâssée dans une monture fixée à charnières sur l'extrémité du tube de la lunette. Une vis de pression faisant face à la charnière assure la fixité du système

Si cette lentille additionnelle était parfaitement centrée sur l'objectif de la lunette astronomique, il suffirait d'annuler la collimation de celle-ci pour

que le microscope fût aussi sans collimation. Malheureusement, la lunette n'étant pas retournable *sur elle-même,* rien ne permet de mesurer la collimation du microscope, aussi le système de vis destiné à donner à la lentille un petit déplacement est-il inutilisable par l'observateur Le constructeur devra s'efforcer de réduire à la plus petite valeur possible cette collimation, qui deviendra donc une erreur instrumentale fixe, mais une erreur dont l'influence, comme on le verra, s'élimine dans le courant des opérations.

Réglage de la pièce additionnelle

Ce réglage est peu susceptible de dérangement S'il a été bien fait par le constructeur, il sera généralement inutile d'y toucher pendant toute une campagne Dans le cas où l'observateur devrait le faire lui-même, voici comment il pourrait procéder

1° *Rendre horizontale la ligne qui joint les points de croisement des deux petits traits tracés sur les secteurs d'ivoire*

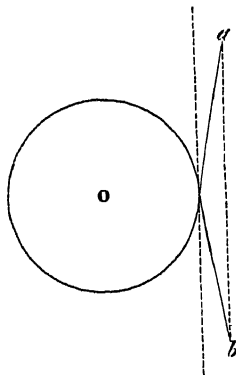
Les lames d'ivoire sont vissées sur deux petits massifs en bronze ayant même hauteur et qui reposent sur le fond de la boîte Il suffira donc de vérifier avec un niveau mobile, qu'on placera sur le fond de la boîte, si ce dernier est horizontal *après qu'on a rendu horizontal le cercle azimutal du théodolite.* Si l'horizontalité n'existe pas, on l'obtiendra en interposant une ou plusieurs épaisseurs de papier entre la boîte et son support

2° *Faire passer cette ligne à une distance de l'axe vertical égale à la plus courte distance de cet axe et de l'axe optique de la lunette*

Après avoir fixé le collier auquel est liée la boîte, on amène la lunette au-dessus de celle-ci et l'on vise le point de croisement des deux traits à une extrémité On fixe la lunette en azimut, puis, la faisant mouvoir en hauteur, on la dirige vers l'autre extrémité Si le point de croisement des deux traits à cette extrémité passe sous le fil vertical de la lunette, la condition est réalisée Dans le cas contraire, on desserrera les vis qui fixent le secteur au fond de la boîte, et l'on agira sur celle qui le déplace perpendiculairement à la ligne dont nous nous occupons, jusqu'à amener le croisement des traits sous le fil vertical de la lunette

Cette opération suppose que le microscope est sans collimation. S'il n'en est pas ainsi, la ligne *ab* (*fig* 2), qui joint les points de croisement des traits,

passera trop près ou trop loin de l'axe vertical, et l'on sera conduit par conséquent à fixer le pivot, qui doit être sur cette ligne, trop près ou trop loin

Fig. 2

Mais cette erreur est une de celles dont il est possible, on le verra plus loin, d'éliminer l'influence.

3° *Placer le pivot sur cette ligne, et au point de la plus courte distance à l'axe vertical*

La plus simple façon d'opérer est de déterminer sur la ligne *ab* deux points également distants de l'axe vertical et de placer le pivot en leur milieu

On visera la croisée des traits *a*, puis, fixant la lunette en hauteur, on l'amènera par un mouvement azimutal dans la direction *b*. Si le point *b* passe *sous la croisée* des fils de la lunette, c'est que les points *a* et *b* satisfont à la condition; il n'en sera généralement pas ainsi. Il faudra alors, ou bien déplacer le point *b* dans la direction *ab* si les petits secteurs peuvent recevoir un mouvement dans ce sens, ou dans le cas contraire (qui est celui de l'instrument dont on s'est servi) marquer avec la pointe très effilée d'un crayon le point *du trait longitudinal* qui passe sous la croisée des fils.

Cela fait, il restera à fixer le pivot sur la ligne *ab* et à mi-distance du point *a* et du point de repère *b'*, marqué au crayon près de *b*

Pour y arriver, on pourra se servir de l'aiguille aimantée elle-même. On amènera la boîte dans la direction du méridien magnétique, et l'on essayera plusieurs positions successives du pivot, jusqu'à ce qu'on ait trouvé celle

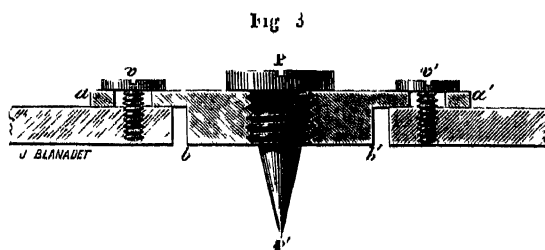
pour laquelle les deux pointes de l'aiguille sont exactement en regard des traits longitudinaux, et à égale distance du point *a* et du point *b'*

Il faut remarquer que la lunette permet de vérifier avec précision si ces conditions sont remplies la pointe, voisine de *a* par exemple, sera bien en regard du trait longitudinal, si, ayant visé le point *a* et fixe la lunette en azimut, on peut amener le fil vertical à passer par la pointe de l'aiguille; les pointes de l'aiguille seront bien à la même distance des points *a* et *b'* si l'on doit mouvoir la lunette en hauteur du même angle pour passer des points *a* et *b'* aux pointes de l'aiguille

Cette façon de placer le pivot, qui est la plus commode, sera aussi de beaucoup la plus précise si les parties N et S de l'aiguille sont egales Cette condition peut être facilement réalisee par le constructeur, si cependant elle ne l'était pas, il faudrait alors se servir d'une règle divisee

Mais ce qui vient d'être dit oblige à une remarque importante sur le mode de fixation du pivot.

Le pivot PP' (*fig.* 3) est vissé dans une pièce de bronze cylindrique *aa'bb'*

Fig 3

qui s'appuie sur le fond de la boîte par la collerette *aa'*, la partie *bb'* ne touche de nulle part à la boîte, elle en est séparée par un espace libre circulaire de $0^{mm},5$ de large, qui permet donc, si l'on suppose les vis *v* et *v'* enlevées, le mouvement de la pièce *aa'bb'* dans tous les sens. Celles-ci servent à fixer le tout d'une façon rigide; mais, pour qu'elles puissent se mettre en place, quelle que soit la position du pivot, il faut qu'elles traversent librement la collerette *aa'* et que le jeu qu'elles ont dans cette collerette soit au moins égal au jeu de la partie cylindrique *bb'* dans le fond de la boîte. Cela n'a pas lieu dans le modèle dont nous disposons : on leur a donné ce jeu dans le sens transversal, ce qui permet de rapprocher ou d'éloigner le pivot de l'axe vertical, mais point dans le sens longitudinal

Or c'est la correction dans ce sens qui est la plus importante, car elle entraîne, si elle n'est pas faite, une erreur que, ni retournement d'aiguille, ni observations croisées, qu'aucune opération ne saurait éliminer plus tard.

Erreurs instrumentales Opérations qui permettent d'en éliminer l'influence.

Si le reglage qui vient d'être détaillé était rigoureusement fait, si le microscope n'avait pas de collimation, si enfin l'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille coincidaient, il suffirait, après avoir oriente la boîte de façon que les pointes de l'aiguille coincident avec les traits longitudinaux, de viser une quelconque de ces deux pointes pour avoir, sur le cercle azimutal, la trace du méridien magnetique

Ces conditions dans la pratique ne sont jamais réalisées, et tout instrument presente généralement les imperfections suivantes

1° Le pivot n'est pas à la distance voulue de l'axe vertical

2° Les parties Nord et Sud de l'aiguille n'ont pas même longueur.

3° L'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille ne coincident pas.

4° Les pointes de l'aiguille et le pivot ne sont pas en ligne droite.

5° L'aiguille n'est pas horizontale

6° La lunette a une collimation

7° La boîte de l'aiguille est mal orientée

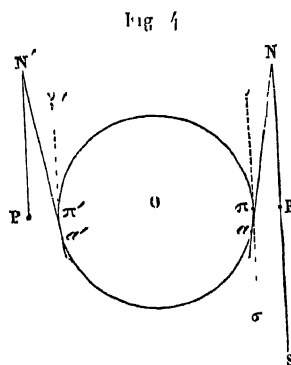
1° *Le pivot n'est pas à la distance voulue de l'axe vertical*

Si l'on coupe, par un plan horizontal passant par le pivot P (*fig.* 4), le cylindre décrit dans le mouvement azimutal du théodolite par l'axe optique de la lunette rendu vertical, NPS sera l'aiguille L'axe optique de la lunette devrait, pour qu'on lût sur le limbe azimutal la trace du méridien magnétique, avoir pour projection la ligne $\nu\pi\sigma$ parallèle à NS, ce qui n'a pas lieu.

Si l'on vise l'extrémité Nord, par exemple, la projection de cet axe optique, qui reste constamment tangente au cercle $O\pi$, sera la ligne Na; et l'erreur instrumentale commise est l'angle $a\mathrm{NP} = \pi O a$.

Cette erreur est annulée par la rotation de 180° de la boîte de l'aiguille. En effet, dans cette deuxième position, l'aiguille est en P′N′, et, comme c'est toujours la pointe Nord de l'aiguille qui est en N′, P′N′ = PN et l'angle

$\pi' O a' = \pi O a$. Or ces deux angles sont comptés en sens contraire l'un de l'autre; la lecture azimutale moyenne donne donc le meridien.

Fig. 4

Remarquons en passant que si l'aiguille est divisée en deux parties égales par le pivot, le pointé sur le pôle Sud suffit à annuler l'erreur que nous envisageons.

2° *Les parties Nord et Sud de l'aiguille n'ont pas même longueur.*

Cette inégalité n'entraîne d'erreur sur la détermination du méridien magnétique que si le pivot est mal placé, et l'on vient d'examiner l'influence de ces deux causes d'erreur liées entre elles.

3° *L'axe de figure et l'axe magnétique de l'aiguille ne coïncident pas.*

On sait que, pour éliminer l'erreur qui en dérive, il suffit de retourner l'aiguille sur elle-même; mais il faut remarquer que, si l'axe magnétique et l'axe de figure faisaient entre eux un angle sensible, il y aurait lieu, après avoir retourné l'aiguille, de rectifier l'orientation de la boîte. Les pointes ne correspondraient plus aux traits longitudinaux.

L'agate sur laquelle est suspendue l'aiguille est enchâssée dans une petite pièce cylindrique en bronze filetée à son extrémité. Cette chape s'engage à frottement doux dans un orifice circulaire percé au centre de l'aiguille et est serrée contre elle par un écrou.

Pour retourner l'aiguille sur elle-même, il faut desserrer l'écrou, repousser la chape du doigt, l'engager de nouveau dans l'orifice de l'aiguille, mais dans le sens opposé, et resserrer l'écrou. (Avoir soin, quand on fait cette opération, d'avoir au-dessous de soi un chapeau, par exemple, pour le cas où on laisserait échapper une de ces deux pièces qui sont très menues.)

4° *Les pointes de l'aiguille et le pivot ne sont pas en ligne droite*

Ce n'est pas à proprement parler un nouvel élément d'erreur, la seule conséquence qui en résulte est d'obliger à considérer le pivot comme un peu plus éloigné ou un peu plus rapproché de l'axe qu'il ne l'est réellement Or l'erreur qu'entraîne une distance inexacte du pivot à l'axe vertical a été la première étudiée

5° *L'aiguille n'est pas horizontale*

L'inclinaison de l'aiguille théoriquement n'entraîne pas d'erreur; mais elle a un grave inconvénient, celui de rapprocher de l'objectif l'une des pointes pendant que l'autre s'en éloigne; or les conditions optiques de la lunette sont telles qu'il suffit d'éloigner ou de rapprocher l'objet visé d'un millimètre pour en troubler considérablement l'image : d'où la nécessité d'avoir les deux pointes de l'aiguille rigoureusement à la même distance de l'objectif.

Pour vérifier l'horizontalité de l'aiguille, il suffit de comparer la hauteur des pointes à celle des bords des deux petits secteurs en ivoire dont la surface a été nivelée au moment du réglage de la boîte, et pour la réaliser, si elle n'existe pas, il suffit de déplacer un petit curseur en aluminium, mobile le long de l'aiguille

Quand on voyage, cette correction doit être faite avant chaque observation, car les variations de l'inclinaison modifient les conditions d'équilibre de l'aiguille Pour bien faire, il faudrait avoir deux curseurs, l'un pour la partie Nord, l'autre pour la partie Sud de l'aiguille, à cause de la présence au centre d'un massif d'une certaine étendue.

6° *La lunette a une collimation*

Il est clair que les pointés sur les deux extremités de l'aiguille obligent à un retournement de la lunette qui annule l'erreur de collimation.

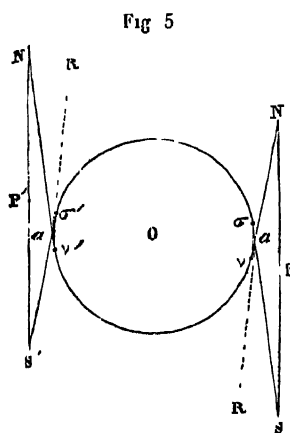
7° *La boîte de l'aiguille est mal orientée*

La discussion de cette erreur a été réservée, comme la plus importante, car on va voir qu'il est impossible de s'en affranchir

La boîte de l'aiguille mal orientée ou le pivot mal placé dans la boîte, dans le sens de la longueur, constituent une seule et même erreur, car il est bien évident que, quelle que soit la position du pivot dans la boîte, celle-ci peut toujours être orientée de telle sorte que le plan perpendiculaire au méridien mene par l'axe vertical du théodolite passe par le pivot. Seulement,

si celui-ci est bien placé, les pointes de l'aiguille correspondent alors aux traits des secteurs d'ivoire, ils n'y correspondent pas dans le cas contraire Autrement dit, si le pivot est mal placé, la boîte sera toujours mal orientée; s'il est bien placé, elle ne sera mal orientée que si l'on néglige de faire correspondre les pointes de l'aiguille aux traits des secteurs

Cela dit, soit NPS (*fig* 5) une aiguille, le plan vertical OP étant oblique

Fig 5

au méridien magnétique Remarquons d'abord que, si l'aiguille dans cette position était tangente au cercle O, il n'y aurait pas d'erreur; mais on n'échapperait pas à l'inconvénient, signalé à propos du défaut d'horizontalité, d'avoir troublé l'image d'au moins une des deux pointes Celles-ci se visent suivant les directions νN et σS et, comme elles sont inégalement distantes de l'axe, les deux angles N et S sont inégaux et la résultante *a*R de ces deux directions n'est pas parallèle au méridien magnétique.

L'angle R*a*S, en effet, égal à la demi-somme des angles N et S, est donc plus grand que l'angle S.

Si l'on fait tourner la boîte de 180°, le pivot vient en P', et tout le système étant symétrique par rapport au point O, la moyenne des pointés faits dans cette nouvelle position donne la direction *a'*R' parallèle à *a*R L'erreur subsiste donc

Un défaut d'orientation de la boîte ayant toujours pour effet de rapprocher le pivot de l'axe du théodolite, il en résulte que, dans l'hypothèse d'un réglage imparfait, le pivot trop près constitue un cas plus désavantageux que le pivot trop loin.

En résumé, des sept éléments d'erreur possibles et qui ont eté examinés, les six premiers s'éliminent par l'ensemble des opérations suivantes :

Pointés sur les deux extrémités de l'aiguille,

Retournement de l'aiguille face pour face,

Rotation de la boîte de 180°.

Cette dernière opération ne serait même pas, on l'a vu, absolument indispensable, mais nous la conservons, afin de neutraliser l'influence des traces de fer qui pourraient exister dans le métal de l'instrument

L'erreur provenant d'une mauvaise orientation de la boîte ne peut disparaître, et il n'y a d'autre remède contre elle que d'apporter le plus grand soin au réglage

Disons, pour donner une idée numérique de son importance, qu'avec un instrument dont le pivot était trop près de l'axe d'environ $\frac{1}{4}$ de millimètre, nous avons constate qu'un défaut de coïncidence de $0^{mm},5$ entre les pointes de l'aiguille et les traits de la boîte entraîne une erreur de $1',5$ sur le pointé correspondant.

La boîte etant supposée bien réglée, ces erreurs sont purement accidentelles, et se produisant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, disparaîtront en grande partie des moyennes

La boîte mal réglée, au contraire, entraîne une erreur systématique que la multiplicité des pointés ne saurait diminuer

Détail d'une observation

Après avoir fixé le théodolite sur son pied et nivelé le cercle azimutal, on oriente la boîte de l'aiguille dans la direction présumée du méridien magnétique, puis, enlevant le dessus de la boîte, on place l'aiguille sur son pivot en la saisissant par le massif de la chape au moyen d'une petite pince en bronze destinée à cet usage et en ayant soin de diriger la pointe de l'aiguille marquée d'un N vers le Nord, on remet ensuite le couvercle de la boîte et, après avoir rectifié son orientement, on vérifie l'horizontalité de l'aiguille, que l'on réalise par tâtonnement en déplaçant le petit curseur en aluminium. Cela fait, on établit, au moyen de la vis de rappel, la parfaite coïncidence des traits de la boîte avec les pointes de l'aiguille

On amène alors la lunette au-dessus de la boîte et l'on vise une des extré-

mités de l'aiguille, N par exemple On fait la lecture correspondante, puis, sans toucher à la vis de pression du cercle azimutal, on retourne la lunette sur la pointe Sud dont on amène l'image sous le fil vertical au moyen de la vis de rappel · on fait la lecture correspondante

Ce groupe de deux pointés doit être effectué sans donner à la boîte le moindre ébranlement, car les erreurs qu'occasionne sur chacun d'eux la trop grande ou trop faible distance de l'axe du théodolite à laquelle est située l'aiguille ne s'éliminent que si celle-ci n'a pas bougé dans l'intervalle

La lecture du pointé Sud une fois faite, on frappe légèrement du bout du doigt deux ou trois petits coups verticaux sur la saillie du couvercle de la boîte qui sert à le saisir, l'aiguille se sera généralement un peu déplacée sur son pivot, on rétablira avec la vis de rappel la coïncidence de la pointe Sud de l'aiguille et du fil méridien de la lunette et on lira de nouveau; on fera ensuite un pointé Nord

Ce deuxième groupe obtenu, ébranler de nouveau légèrement la boîte, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on ait obtenu cinq groupes de deux pointés chacun.

Alors on enlèvera l'aiguille de dessus son pivot et l'on fera tourner la boîte de 180° Il faut avoir bien soin d'enlever l'aiguille d'abord et, en général, de ne donner aucun mouvement important à la boîte quand l'aiguille est sur son pivot

On remettra l'aiguille en place ; et, se conformant à toutes les recommandations qui viennent d'être détaillées, on fera dans cette nouvelle position 10 nouveaux pointés

Après quoi, on enlèvera l'aiguille que l'on retournera face pour face en prenant les précautions indiquées plus haut pour ne pas perdre une des petites pièces; et, après avoir rétabli, s'il y a lieu, avec la vis de rappel, la parfaite coïncidence des traits de repère avec les pointes de l'aiguille, on effectuera dans la même position de la boîte encore 10 pointés

On remettra la boîte dans sa première position, en la tournant de 180°, et l'on fera 10 pointés.

Chaque position de la boîte sera caractérisée sur le cahier d'observations par les mots *aiguille dans l'Est* ou *aiguille dans l'Ouest*, et le petit curseur de l'aiguille étant fendu, chaque face le sera par l'indication *fente en dessus* ou *fente en dessous*. Dans l'ordre qui vient d'être indiqué, chacun des groupes

de 10 pointés portera donc les titres :

1° Aiguille dans l'Est, fente en dessus,

2° Aiguille dans l'Ouest, fente en dessus ;

3° Aiguille dans l'Ouest, fente en dessous,

4° Aiguille dans l'Est, fente en dessous;

On fera pour chacun de ces groupes la moyenne des 10 lectures, et la moyenne de quatre groupes donnera la trace du méridien

STATION D'ARICA (PÉROU)

7 janvier 1883, matin

(Théodolite-boussole d'Hurlimann)

Détermination de la déclinaison

Sur le flanc de la colline du Moro qui fait face à la ville d'Arica

Latitude	18° 28' Sud	Relèvements	Mât de pavillon du fort du Moro	44° 14',8
Longitude	72° 40',2 Ouest		Église d'Arica	99° 49',8
			Mât de pavillon du Consulat français	103° 23',5

Terrain sablonneux, très beau temps, calme	Thermomètre	28°
	Baromètre	»
	Altitude	50m

Observations magnétiques commencées à 9h 0m du matin, terminées à 9h 30m

Fente en dessus — Aiguille dans l'Est		Fente en dessus — Aiguille dans l'Ouest		Fente en dessous — Aiguille dans l'Ouest		Fente en dessous — Aiguille dans l'Est	
Nord	85° 52',5	Nord	86° 10',0	Nord	86° 5',0	Nord	85° 47',0
Sud	266 5,5	Sud	265 45,0	Sud	265 49,0	Sud	266 11,0
Sud	266 6,0	Sud	265 46,5	Sud	265 49,5	Sud	266 11,5
Nord	85 52,0	Nord	86 9,5	Nord	86 6,5	Nord	85 47,5
Nord	85 52,0	Nord	86 11,0	Nord	86 7,0	Nord	85 47,5
Sud	266 6,0	Sud	265 48,0	Sud	265 50,0	Sud	266 12,0
Sud	266 6,0	Sud	265 49,0	Sud	265 51,0	Sud	266 13,5
Nord	85 52,0	Nord	86 13,0	Nord	86 6,5	Nord	85 48,6
Nord	85 52,5	Nord	86 9,5	Nord	86 5,5	Nord	85 49,0
Sud	266 6,5	Sud	265 46,0	Sud	265 49,0	Sud	266 14,0
Moy (N) =	85 59,1	Moy (N) =	85 58,8	Moy (N) =	85 57,9	Moy (N) =	85 60,2

Aiguille dans l'Est, fente en dessus	85° 59',1
Id l'Ouest id	85 58,8
Id id fente en dessous	85 57,9
Id l'Est id	85 60,2
Nord magnétique	**85 59,0**

CHAPITRE III.

BOUSSOLE D'INCLINAISON (GAMBEY N° 31)

La boussole d'inclinaison de Gambey est d'un modèle ancien et très connu; on ne la décrira pas ici L'instrument avec lequel ont été obtenus les résultats qui sont donnés aux Chapitres V et VI de ce travail a les dimensions suivantes · diamètre du cercle-limbe vertical $0^m,242$, diamètre du cercle azimutal $0^m,175$ Le premier est gradué de 10′ en 10′, et le grossissement des loupes permet d'apprécier assez facilement la minute, le second est gradué de 30′ en 30′, mais son alidade porte un vernier qui donne la minute

Quant à la théorie de la boussole d'inclinaison, elle a été exposee avec détail dans les Conférences sur le magnétisme terrestre, faites par M Mascart (p 373, note 2) et nous ne la reproduirons pas

On rappellera seulement quelles peuvent être les erreurs instrumentales et quelles opérations permettent de les éliminer, puis, après quelques considérations sur la valeur comparative des diverses méthodes qu'on a été conduit à choisir suivant les circonstances et suivant la latitude magnétique de la station d'observation, on terminera, comme précédemment, par l'indication de la marche suivie et des précautions prises pour faire une determination complète

Erreurs instrumentales.

Si l'on supposait le cercle vertical orienté dans le plan du méridien magnétique, et l'instrument parfait, une seule lecture d'une des extrémités de l'aiguille donnerait l'inclinaison, mais toute boussole présente, plus ou moins sensibles, les erreurs instrumentales suivantes, dont on s'affranchit comme il va être dit

1° *L'axe de suspension de l'aiguille ne passe pas par le centre du cercle vertical*
Lire aux deux extrémites de l'aiguille.

2° *La ligne 0°0° n'est pas horizontale quand le cercle azimutal a été nivelé*

Faire tourner de 180° le cercle vertical, et effectuer dans cette deuxième position les mêmes opérations que dans la première

3° *Les arêtes des agates sur lesquelles reposent les tourillons de l'aiguille ne sont pas parallèles au plan du cercle vertical, et le plan qui les contient n'est pas perpendiculaire au plan de ce cercle*

Cette erreur doit être corrigée, avant d'employer l'instrument, au moyen de vis destinées à cet effet On s'aperçoit de son existence si les pointes de l'aiguille, en tournant, ne restent pas à la même distance du plan du limbe

4° *Le plan des agates, tout en étant perpendiculaire au plan du limbe, n'est pas horizontal*

La rotation de 180° du cercle vertical annule l'erreur qui en découle

5° *L'axe de figure de l'aiguille ne coïncide pas avec la ligne des pôles*

Retourner l'aiguille face pour face

Il faut remarquer à ce propos que la rotation de 180° du cercle vertical implique un retournement de l'aiguille c'est ainsi que, les mots *face Est* et *face Ouest*, *Marque en avant* et *Marque en arrière* caractérisant les positions du cercle et de l'aiguille, l'inclinaison observée *face Est, Marque en avant* serait la même que celle observée *face Ouest, Marque en arrière*, si la ligne 0°0° était horizontale; le retournement du cercle corrigeant de deux erreurs et celui de l'aiguille d'une seule, celles-ci s'ajoutent ou se retranchent suivant le cas, mais la moyenne générale doit se trouver la même pour chaque face de l'aiguille

De ce qui vient d'être dit résulte que le retournement face pour face de l'aiguille est théoriquement inutile On le fera néanmoins, car c'est un moyen de multiplier les pointes en même temps qu'une occasion de nettoyer tourillons et agates

6° *Le centre de gravité n'est pas sur l'axe de rotation de l'aiguille*

Désaimanter l'aiguille, et la réaimanter en renversant les pôles

L'erreur qu'entraîne l'excentricité du centre de gravité est ainsi corrigée, mais à la condition que le moment magnétique de l'aiguille à la deuxième aimantation soit le même qu'à la première, ce dont on s'assurera en vérifiant si la durée de dix oscillations est la même avant et après le changement

d'aimantation Il sera d'autant plus necessaire que cette condition soit rigoureusement remplie qu'il y aura entre les deux aimantations une différence d'inclinaison plus considérable; on y arrivera par tâtonnement en effectuant avec les barreaux, sur l'aiguille, un certain nombre de passes supplémentaires

Si toutes les opérations qui viennent d'être enumérées sont bien faites, le résultat sera indépendant de toute erreur systematique provenant de l'instrument, il ne pourra être faussé que par les erreurs accidentelles d'observation

Recherche du meridien

On a supposé connue la trace du méridien magnetique

Si l'instrument était sans erreur, il suffirait pour la determiner de faire tourner le cercle vertical jusqu'à ce qu'une pointe de l'aiguille soit sur 90°, le plan de ce cercle serait alors perpendiculaire au méridien Mais la division 90° peut ne pas se trouver sur la verticale passant par le centre de suspension de l'aiguille, l'axe de figure de l'aiguille ne pas coincider avec la ligne des pôles, etc , on aurait dès lors à effectuer, pour cette première détermination, toute la série des opérations indiquées pour l'observation de l'inclinaison

Un moyen plus rapide est d'observer, de part et d'autre du méridien et sans toucher à l'aiguille, deux inclinaisons apparentes égales toutes les erreurs instrumentales intervenant dans chaque position avec le même signe et le même facteur, aux déclinaisons apparentes égales correspondront évidemment des inclinaisons vraies égales, et la moyenne des deux azimuts d'observation sera par conséquent le méridien.

Mais le choix de l'inclinaison à observer n'est pas indifférent

De l'équation fondamentale

$$\tan I' \cos\alpha = \tan I, \qquad \text{(I)}$$

dans laquelle, I étant l'inclinaison méridienne, I′ représente l'inclinaison observée dans un azimut faisant avec le méridien un angle α, on tire en effet

$$\partial\alpha = \partial I' \frac{\cot\alpha}{\sin I' \cos I'} = \partial I' \frac{\tan^2 I + \cos^2\alpha}{\sin\alpha \tan I},$$

équation qui montre qu'une erreur $\partial I'$ commise sur l'observation de l'inclinaison I' entraînera sur la détermination du méridien une erreur d'autant moins considérable que l'angle α sera plus voisin de 90°

Il convient de remarquer, toutefois, que l'erreur probable à admettre, sur l'appréciation de l'inclinaison I', n'est pas la même, quel que soit l'azimut α Cette erreur $\partial I'$ sera d'autant plus grande que la force qui sollicite l'aiguille est plus faible, et si l'on prend comme éléments de comparaison, d'une part la force F qui agit sur l'aiguille dans le méridien, et de l'autre l'erreur probable ∂I que l'on commettrait sur l'observation de l'inclinaison meridienne, on doit poser

$$\frac{\partial I'}{\partial I} = \frac{F}{F'}$$

Or il est facile de voir que

$$F' = F\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha},$$

d'où l'on tire

$$\partial I' = \frac{\partial I}{\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}}$$

et enfin

$$\text{(II)} \qquad \partial \alpha = \partial I \frac{\tang^2 I + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \tang I \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}},$$

∂I dans cette expression est alors constant pour un même instrument, un même observateur et un même lieu. La valeur de α qui rend $\frac{\partial \alpha}{\partial I}$ minimum est racine de l'équation

$$\frac{\partial \left(\frac{\partial \alpha}{\partial I}\right)}{\partial \alpha} = 0$$

On trouve encore $\alpha = 90°$.

Ainsi, pour déterminer le méridien avec la plus grande précision possible, il faudrait observer de part et d'autre du méridien, dans le plan qui lui est perpendiculaire

On réalise pour le mieux cette condition en observant l'inclinaison que l'instrument fait supposer la plus voisine de la verticale, c'est-à-dire que l'on fait coincider l'une des pointes de l'aiguille avec la division 90°, puis

on fait tourner le cercle-limbe jusqu'à ce que la *même pointe* revienne à la *même division*. Si les deux azimuts diffèrent de 180°, c'est que la ligne des pôles était vraiment verticale; mais, quoi qu'il en soit, leur bissectrice est certainement le méridien [1].

Pendant la durée de la Mission, on a dû plusieurs fois, pour certaines raisons, et particulièrement par suite de l'impossibilité de lire les graduations du cercle-limbe inférieures à 8° [2], déterminer des inclinaisons par

---

[1] Il est intéressant d'évaluer l'erreur probable que l'on commet dans la détermination du méridien. La valeur $\alpha = 90°$, transportée dans l'équation (II), donne

$$\partial\alpha = \text{séc}\, I\, \partial I,$$

et, comme la trace du méridien est bissectrice de deux azimuts sur lesquels l'erreur probable est $\partial\alpha$, l'erreur probable sur la détermination du méridien est donc

$$\frac{\partial\alpha}{\sqrt{2}} = \frac{\text{séc}\, I}{\sqrt{2}}\, \partial I.$$

On voit qu'elle est proportionnelle à la sécante de l'inclinaison.

A Paris, elle sera $1,7\partial I$, elle sera ∂I avec une inclinaison de 45°, et $0,7\partial I$ pour une inclinaison nulle.

La détermination du méridien sera toujours suffisamment précise si elle n'a d'autre but que d'observer l'inclinaison. L'équation (I) montre, en effet, qu'une erreur de 1° sur cette détermination ne fausserait que bien peu l'inclinaison. Mais il peut venir à l'idée, si l'on ne dispose pas d'autre instrument magnétique, d'utiliser la boussole de Gambey pour déterminer la déclinaison. Si l'on admet pour ∂I une valeur de 2', il en résultera, entre Paris et l'équateur magnétique, une erreur sur la direction du méridien qui variera de 3',4 à 1',4.

Quant au Nord géographique, on le déterminera également avec la boussole d'inclinaison si l'on possède un compteur bien réglé et si le Soleil est brillant, en recevant sur la tranche inférieure du cercle vertical de l'instrument l'ombre de la tranche supérieure. Malgré la grossièreté apparente du procédé, on a pu se convaincre expérimentalement qu'il était assez facile, avec du soin, d'obtenir ainsi des azimuts de Soleil à 2' ou 3' près. Il est indispensable, par exemple, d'observer une série face Est et une série face Ouest, car le cercle azimutal, construit avec moins de soin, a souvent une forte excentricité.

On voit, en résumé, que, excepté par des latitudes élevées, la boussole d'inclinaison de Gambey pourra souvent permettre de déterminer la déclinaison avec un degré de précision suffisant dans bien des cas.

[2] Deux traverses en bronze, coupant diamétralement l'instrument, portent en leur milieu les agates destinées à supporter l'aiguille. Situées naturellement au-dessous du centre du cercle vertical, elles masquent les 8 premiers degrés environ de la moitié inférieure de ce cercle. Cet inconvénient est à peu près inévitable. Les loupes d'un autre côté prennent leur point d'appui sur une autre traverse très large, dont le milieu est juste en face du diamètre horizontal, et débordant de plusieurs degrés sur les moitiés inférieure et supérieure du cercle limbe. Rien ne serait plus facile que d'abaisser quelque peu cette dernière traverse en la coudant en son milieu; la moitié supérieure au moins du cercle limbe serait ainsi complètement dégagée.

d'autres méthodes que celle de l'observation directe dans le meridien Ces méthodes, qui doivent être choisies avec discernement, parce que leur précision varie, on va le voir, suivant les circonstances, sont les suivantes :

On peut observer dans deux plans dont le premier est quelconque, et le second perpendiculaire au premier ;

Ou bien dans un plan faisant avec le méridien un azimut connu ;

Ou enfin employer un troisième procédé, d'un caractère tout différent, et dont on dira quelques mots en terminant

1° *Méthode des plans perpendiculaires.*

I′ et I″ étant les inclinaisons mesurées dans deux plans perpendiculaires, l'inclinaison méridienne est, on le sait, donnée par la formule

$$\text{(III)} \qquad \cot^2 I = \cot^2 I' + \cot^2 I''$$

Quelle est la valeur de cette méthode? Le choix des plans est-il indifférent, ou bien quel est le plus favorable?

Pour repondre à ces questions, il suffit d'étudier l'équation

$$\text{(IV)} \qquad \Delta I = \partial I' \frac{\cot I'}{\cot I} \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I'} + \partial I'' \frac{\cot I''}{\cot I} \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I''},$$

tirée de (III), et dans laquelle ΔI exprime l'erreur dont est entaché le résultat, $\partial I'$ et $\partial I''$ étant les erreurs commises sur l'observation des inclinaisons I′ et I″.

On remarquera avant d'aller plus loin que les facteurs de $\partial I'$ et $\partial I''$ sont forcément inférieurs à l'unité ; et que, par suite, l'erreur commise sur le résultat est inférieure à la somme des erreurs commises sur l'observation des deux inclinaisons extra-méridiennes.

Pour pénétrer plus avant dans la discussion, il est nécessaire d'exprimer $\partial I'$, $\partial I''$, I′ et I″ en fonction de l'inclinaison locale I, de l'erreur ∂I que l'on commettrait en observant dans le méridien, et des azimuts d'observation α et $(90° - \alpha)$.

En se reportant à ce qui a été dit à propos de la recherche du méridien, on voit que

$$\partial I' = \frac{\partial I}{\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}}, \quad \partial I'' = \frac{\partial I}{\sqrt{1 - \cos^2 I \cos^2 \alpha}}$$

et que, d'autre part,

$$\frac{\cot I'}{\cot I} = \cos\alpha, \quad \frac{\cot I''}{\cot I} = \sin\alpha, \quad \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I'} = 1 - \cos^2 I \sin^2\alpha, \quad \frac{\sin^2 I}{\sin^2 I''} = 1 - \cos^2 I \cos^2\alpha$$

En portant ces valeurs dans (IV), on obtient

$$\Delta I = \partial I \cos\alpha \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2\alpha} + \partial I \sin\alpha \sqrt{1 - \cos^2 I \cos^2\alpha};$$

∂I dans les deux termes du deuxième membre, a la même valeur probable, mais n'est pas identique, par conséquent

$$\frac{\Delta I}{\partial I} \text{ probable} = \sqrt{\cos^2\alpha(1 - \cos^2 I \sin^2\alpha) + \sin^2\alpha(1 - \cos^2 I \cos^2\alpha)},$$

et, en effectuant,

$$\text{(V)} \qquad \frac{\Delta I}{\partial I} \text{ probable} = \sqrt{1 - 2\cos^2 I \cos^2\alpha \sin^2\alpha}$$

La fraction $\frac{\Delta I}{\partial I}$ mesure bien la valeur de la méthode, puisqu'elle exprime le rapport de l'erreur commise en l'employant à l'erreur que le même observateur, dans le même lieu et avec le même instrument, commettrait en observant directement dans le méridien

Si l'on fait $\sin\alpha = 0$ ou $\cos\alpha = 0$, on a $\frac{\Delta I}{\partial I} = 1$, ce à quoi il fallait s'attendre, puisque tout se réduit, dans ces deux cas, à des observations méridiennes.

Quant aux maxima et aux minima de $\frac{\Delta I}{\partial I}$, ils s'obtiennent par la résolution de l'équation

$$\frac{\partial\left(\frac{\Delta I}{\partial I}\right)}{\partial\alpha} = 0,$$

qui se réduit à

$$\frac{2\cos^2 I(\cos^3\alpha \sin\alpha - \cos\alpha \sin^3\alpha)}{\sqrt{1 - 2\cos^2 I \cos^2\alpha \sin^2\alpha}} = 0,$$

et admet trois racines : $\alpha = 0°$, $\alpha = 45°$ et $\alpha = 90°$.

Il serait facile de vérifier, en cherchant la dérivée seconde, que la première et la dernière valeur de α correspondent à des maxima, et la valeur $\alpha = 45°$ à un minimum Transportée dans l'équation (V), celle-ci

donne, toutes réductions faites,

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{1+\sin^2 I}$$

On a egalement recherché quelle est l'inclinaison la plus ou la moins favorable à l'emploi de la méthode des plans perpendiculaires

L'équation

$$\frac{\partial\left(\frac{\Delta I}{\partial I}\right)}{\partial I} = 0$$

se réduit à

$$\frac{2\cos^2\alpha\sin^2\alpha\cos I\sin I}{\sqrt{1-2\cos^2 I\cos^2\alpha\sin^2\alpha}} = 0$$

et admet par conséquent deux racines : $\cos I = 0$ et $\sin I = 0$

La première correspond à un maximum. Transportée dans (V) elle donne

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = 1,$$

valeur indépendante, on le voit, des azimuts d'observation, ce qui doit être, puisque l'aiguille sera partout verticale.

La seconde correspond à un minimum et donne

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = \sqrt{1-2\cos^2\alpha\sin^2\alpha},$$

valeur qui, suivant le choix de l'azimut α, peut varier de $\frac{1}{\sqrt{2}}$ à 1

Il resulte de cette discussion :

1° Que la méthode des plans perpendiculaires doit théoriquement *toujours* donner un meilleur résultat *qu'une* observation méridienne, puisque son erreur probable est égale à l'erreur probable de celle-ci, multipliée par un facteur qui varie, suivant le choix des azimuts d'observation et suivant l'inclinaison, de 1 à $\frac{1}{\sqrt{2}}$,

2° Que sa valeur relative augmente à mesure que l'on se rapproche de l'équateur magnétique ;

3° Que chaque fois qu'on voudra l'employer, on devra, pour se placer

dans les conditions les plus favorables, observer dans deux azimuts situés à 45° de part et d'autre du méridien

Si ces conclusions ne sont pas toujours vérifiées en pratique, cela tient à ce que le cercle azimutal est quelquefois mal centré, ou encore à la raison suivante. Quand on observe une inclinaison dans un plan extraméridien, l'aiguille, sollicitée par une force qui n'est pas contenue dans ce plan, tend elle-même à en sortir, et, si une légère déviation vient à se produire, on attribuera alors à un certain azimut une inclinaison qui pourra réellement correspondre à un azimut sensiblement différent [1]

2° *Méthode d'un plan azimutal quelconque*

Si, dans un azimut faisant avec le méridien un angle α, on a observé une inclinaison I', l'inclinaison méridienne I peut se calculer par la formule fondamentale

$$\text{(I)} \qquad \text{tang}\, I = \text{tang}\, I' \cos\alpha$$

On en tire

$$\Delta I = \partial I' \frac{\cos^2 I}{\cos^2 I'} \cos\alpha,$$

ou, en éliminant I' et $\partial I'$,

$$\frac{\Delta I}{\partial I} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2\alpha}}{\cos\alpha}$$

Il est clair que $\frac{\Delta I}{\partial I}$ est toujours supérieur à l'unité, et d'autant plus grand que α est plus voisin de 90°.

On verrait facilement aussi que $\frac{\Delta I}{\partial \alpha}$ augmente avec α.

La méthode est donc très inférieure à celle de l'observation méridienne, puisque l'erreur sur l'azimut, comme l'erreur sur les pointés d'inclinaison, faussent davantage le résultat que dans celle-ci.

---

[1] L'écartement des agates étant supposé de 3^cm, il suffit qu'une des extrémités de l'axe de l'aiguille soit déviée de 0^cm,008 pour qu'il en résulte une erreur de 10' dans le plan azimutal d'observation Si l'on opère à 45° du méridien, cette erreur de ±10' entraîne une erreur de ∓ 3',8 sur le résultat

On a quelquefois essayé de se soustraire à l'erreur commise sur l'azimut par le procédé suivant : Après avoir observé dans un plan *voisin* du méridien, et faisant avec lui un angle présumé α, une inclinaison I', on fait tourner le cercle vertical d'un angle 2α, et l'on observe dans ce nouveau plan une inclinaison I''. Des inclinaisons I' et I'' on déduit les inclinaisons méridiennes I_1 et I_2, qui sont différentes et inexactes, puisque l'azimut α est erroné, mais leur moyenne $\frac{I_1+I_2}{2}$ est très voisine de la vérité.

Soit, en effet, β l'erreur commise sur l'estimation du méridien. Les inclinaisons calculées I_1 et I_2 sont données par

$$\operatorname{tang} I_1 = \operatorname{tang} I' \cos\alpha,$$

et

$$\operatorname{tang} I_2 = \operatorname{tang} I'' \cos\alpha,$$

tandis que l'inclinaison méridienne exacte est

$$\operatorname{tang} I = \operatorname{tang} I' \cos(\alpha+\beta)$$

ou

$$\operatorname{tang} I = \operatorname{tang} I'' \cos(\alpha-\beta),$$

ou, en remplaçant I' et I'' par leurs valeurs tirées des deux premières équations

$$\operatorname{tang} I = \operatorname{tang} I_1 \cos\beta - \operatorname{tang} I_1 \operatorname{tang}\alpha \sin\beta,$$
$$\operatorname{tang} I = \operatorname{tang} I_2 \cos\beta + \operatorname{tang} I_2 \operatorname{tang}\alpha \sin\beta;$$

d'où l'on déduit

$$\operatorname{tang} I = \frac{\operatorname{tang} I_1 + \operatorname{tang} I_2}{2}\cos\beta - \frac{\operatorname{tang} I_1 - \operatorname{tang} I_2}{2}\operatorname{tang}\alpha \sin\beta$$

I_1 et I_2 diffèrent peu l'un de l'autre; si donc on a choisi l'azimut α voisin du méridien, le second terme sera sensiblement nul et l'on pourra écrire

$$\operatorname{tang} I = \frac{\operatorname{tang} I_1 + \operatorname{tang} I_2}{2}\cos\beta,$$

ou, pour la raison qui vient d'être dite,

$$\operatorname{tang} I = \operatorname{tang}\frac{I_1+I_2}{2}\cos\beta$$

Mais, si, l'erreur sur la détermination du méridien étant toujours β, on avait voulu mesurer l'inclinaison au moyen d'une observation méridienne directe, on aurait trouvé une valeur I_0 liée par l'équation

$$\operatorname{tang} I = \operatorname{tang} I_0 \cos\beta,$$

que l'on voit être identique à la précédente.

Ainsi le résultat fourni par le procédé qui vient d'être expliqué est absolument le même que celui que donnerait l'observation méridienne directe. Celle-ci devra donc être préférée.

Voici un exemple. A Paris, $I = 65°30'$. D'après ce qui a été dit, une observation méridienne, la détermination du méridien étant inexacte de 2°, donnera

$$I_0 = 65°30'47''.$$

Si, voulant employer le procédé précédent, on prend $\alpha = 10°$, on observera en réalité, dans des plans faisant avec le méridien des angles de 12° et 8°, les inclinaisons $I' = 65°53'55''$ et $I'' = 65°46'00''$, et le calcul donnera, pour l'inclinaison méridienne, les valeurs $I_1 = 65°38'47''$ et $I_2 = 65°22'49''$, dont la moyenne est

$$\frac{I_1 + I_2}{2} = 65°30'48''.$$

3° Méthodes des oscillations.

On a vu que, si F est la force magnétique totale qui sollicite l'aiguille dans le méridien, la force F' qui agira dans l'azimut α est donnée par la formule

$$F' = F\sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha}.$$

Or le rapport de ces deux forces est également donné par le rapport inverse des carrés des durées d'oscillation t et t' de l'aiguille, sous leur action,

$$\frac{F'}{F} = \frac{t^2}{t'^2} = \sqrt{1 - \cos^2 I \sin^2 \alpha},$$

et, si l'azimut choisi est le plan perpendiculaire au méridien,

$$\text{(VI)} \qquad \frac{t^2}{t'^2} = \sin I.$$

De là une méthode pour déterminer l'inclinaison.

Pour juger de sa valeur, il faut évaluer l'erreur qu'entraînent sur l'inclinaison les erreurs d'observation dt et dt' commises sur la mesure des durées d'oscillation de l'aiguille, dans le méridien et dans le plan perpendiculaire. On tire de l'équation (VI)

$$\cos \mathrm{I}\, d\mathrm{I} = dt\frac{2\,t}{t'^2} - dt'\frac{2\,t^2}{t'^3},$$

mais dt et dt' n'ont pas la même valeur probable, car le nombre d'oscillations qu'il sera possible de compter de suite, nombre qui est le diviseur de l'erreur commise, est inversement proportionnel, évidemment, à la durée des oscillations; on doit donc admettre que $\frac{dt'}{dt} = \frac{t'}{t}$ il en résulte que

$$\cos \mathrm{I}\, d\mathrm{I} = dt\frac{2\,t}{t'^2} - dt\frac{2\,t}{t'^2},$$

dt, dans les deux termes du second membre, a la même valeur probable, mais n'est pas identique. Ce second nombre n'est donc pas nul, mais il convient de remarquer pourtant que *toute erreur systématique*, provenant soit de l'observateur, soit du compteur, *disparaît forcément*. Par conséquent, la valeur de $d\mathrm{I}$ représente bien la totalité de l'erreur commise sur l'inclinaison, qu'il y ait ou non erreur systématique. Et l'on a

$$d\mathrm{I}\ \text{probable} = dt\sqrt{2}\,\frac{2\,t}{t'^2\cos \mathrm{I}}$$

ou

$$\text{(VII)} \qquad d\ \text{probable} = 2\sqrt{2}\,\frac{dt}{t'}\,\frac{\sqrt{\sin \mathrm{I}}}{\cos \mathrm{I}}.$$

Cette équation montre que la méthode qui vient d'être indiquée manque de précision avec de grandes inclinaisons, mais qu'elle en acquiert rapidement si l'inclinaison diminue; et c'est elle peut-être qui permettrait de déterminer, avec le plus de rigueur, les inclinaisons voisines de 0°. On s'en rendra bien compte par un exemple :

A Paris, où l'inclinaison est d'environ 65°30', la durée de 100 oscillations, dans le méridien, de l'aiguille n° 1 de la boussole Gambey (n° 31), est 320ˢ. Soit $0^s,5$ l'erreur probable du comptage de ces oscillations, c'est-à-dire $dt = 0^s,5$; la durée t' de 100 oscillations dans le plan perpendiculaire

au méridien est $t' = 335^s,5$ et

$$dI \text{ probable} = 2\sqrt{2}\,\frac{0,5}{335,5}\,\frac{\sqrt{\sin 65^\circ 30'}}{\cos 65^\circ 30'} = 0,0097 = 33',3.$$

On voit que la méthode est dans ce cas tout à fait insuffisante

Par contre, au Callao (Pérou), où l'inclinaison est de 6°00′, la durée de 100 oscillations de la même aiguille, dans le meridien, est $t = 393^s,7$,

Dans le plan perpendiculaire au méridien, 32 oscillations ont duré $389^s,7$

On en déduit que la durée de 100 oscillations, dans ce plan, est $t' = 1217^s,8$ et

$$dI \text{ probable} = 2\sqrt{2}\,\frac{0,5}{1217,8}\,\frac{\sqrt{\sin 6^\circ 00'}}{\cos 6^\circ 00'} = 0,00038 = 1',3$$

L'erreur probable continue à diminuer avec des inclinaisons inferieures à 6°

Quelle que soit la méthode employée, on ne saurait échapper aux inconvénients sérieux inhérents au principe de la boussole de Gambey Comme celles de tout instrument à pivot, ses indications sont exposées à être faussées par le plus petit grain de poussière, par la moindre tache de rouille dont on defend si difficilement ses instruments quand on doit voyager par mer Au moment même de l'observation, l'humidité de l'air influence d'une façon très notable le mouvement de roulement des tourillons de l'aiguille sur ses agates, de sorte qu'on devra toujours avoir moins de confiance dans une inclinaison obtenue par un temps humide que dans une inclinaison observée avec un temps sec Enfin, les dimensions assez considérables que l'on doit donner à la boussole de Gambey, si l'on veut atténuer l'importance des inconvénients signalés ci-dessus, en constituent un autre très fâcheux dès qu'il s'agit d'un instrument destiné à des voyageurs

Détail d'une observation.

On pose l'instrument sur son pied solidement fixe, on rectifie le niveau, s'il y a lieu, et l'on met en place la boîte vitrée dont on vérifie le contact parfait avec le plateau horizontal en bronze qui lui sert d'appui; on serre alors à bloc les vis qui fixent la boîte, et l'on realise, par le procede ordinaire, la verticalité de l'axe de rotation,

Si l'on s'aperçoit, dans le courant de l'observation, que le niveau s'est dérangé, on remettra immédiatement la bulle entre ses repères.

Cela fait, on essuie délicatement avec une peau les pointes et les tourillons de l'aiguille dont on veut se servir, et, après avoir orienté la boîte perpendiculairement à la direction présumée du méridien, on pose l'aiguille sur les agates, que l'on a préalablement nettoyées avec un pinceau.

A main droite est le bouton commandant le levier qui soulève l'aiguille [1]; on le manœuvre de façon à arrêter à peu près ses oscillations; puis on fait tourner la boîte, jusqu'à ce que la pointe supérieure de l'aiguille corresponde à la division 90°, ou décrive de part et d'autre de cette division de petites oscillations égales. On note la division correspondante du cercle azimutal.

On soulève l'aiguille de dessus ses agates (le bouton doit tourner à frottement assez dur pour que le levier ne retombe pas par son propre poids) et l'on fait tourner la boîte d'environ 180°, on la fixe quand la pointe supérieure de l'aiguille est revenue sur la division 90°. On fait la lecture correspondante du cercle azimutal.

La moyenne de ces deux lectures donne le méridien. Si la division du cercle azimutal ainsi déterminée est dans l'Est, on écrit à côté *Face Est*; puis on ajoute 180° et on écrit à côté de la nouvelle division *Face Ouest*.

On amène alors le cercle dans le méridien, et on le fixe dans la position *Face Est*, puis l'on note la position de l'aiguille.

Celle-ci est caractérisée de la façon suivante. Un ou deux coups de poinçon suivant le numéro de l'aiguille ont été donnés, près des tourillons, sur le petit cercle en cuivre qui forme le milieu de l'aiguille; cette marque est située *en haut* ou *en bas*, suivant le signe de l'aimantation, *en avant* ou *en arrière* suivant le côté de l'aiguille qui fait face à l'observateur.

Supposons que cette première position soit *Marque en haut, marque en avant*. On arrête, autant qu'on le peut, les mouvements de l'aiguille, et,

---

[1] La course de ce levier aura dû être préalablement réglée de façon à être la moindre possible, c'est-à-dire de façon que l'aiguille ne soit soulevée que très peu au-dessus de ses agates. Une course trop grande aurait pour inconvénient, d'abord de faire buter peut-être la pointe supérieure de l'aiguille contre la tranche du cercle vertical, et, en tous cas, de communiquer à l'aiguille, chaque fois qu'on manœuvrerait le levier, des oscillations trop étendues.

prenant la moyenne des petites oscillations qu'elle decrit encore, on note les divisions correspondant à la pointe superieure d'abord, puis à la pointe inférieure On soulève alors l'aiguille qu'on laisse retomber doucement sur ses agates, le point de contact des tourillons s'est generalement un peu déplace, on fait de nouveau les lectures correspondant à la pointe inférieure d'abord, puis à la pointe supérieure On soulève une deuxième fois l'aiguille et l'on effectue encore les lectures haut, puis bas

On fait tourner de 180° le cercle qu'on fixe dans la position *face Ouest*, et l'on recommence, comme il vient d'être explique, trois pointes sur chaque extrémité de l'aiguille

On ouvre alors la boîte, on retire l'aiguille qu'on retourne sur elle-même, et on la replace après avoir essuyé agates et tourillons

On referme la boîte, et l'on effectue trois pointes *Haut* et *Bas* On fait tourner de 180° le cercle que l'on fixe dans la position *face Est*, et l'on effectue trois pointés *Haut* et *Bas*

Pour terminer cette première partie de la determination, on donne à l'aiguille un mouvement d'oscillation de 3° ou 4°, et l'on compte la durée de 10 oscillations

On enlève alors l'aiguille, qu'il s'agit de desaimanter et de reaimanter en sens contraire. Pour cela, on la place dans une matrice destinee à cet usage et, approchant les barreaux aimantes des pointes, on recherche quelles extremités se repoussent. Celles-la sont mises en présence, et, tenant les aimants légèrement inclines et dans le plan vertical contenant l'aiguille, on fait du centre aux extrémités un nombre impair de passes, 13 généralement, sur chacune de ses faces (méthode de la double touche)

On l'essuie, on la reporte sur ses agates et l'on compte la durée de 10 oscillations Si cette durée diffère sensiblement de celle qui vient d'être notée, on corrige par une ou plusieurs passes supplementaires l'aimantation de l'aiguille, jusqu'à ce que l'on arrive à un accord satisfaisant [1]

L'accord une fois obtenu, on recommencera avec cette deuxième aimantation (*Marque en bas*) toute la serie des operations qui ont été effectuées avec la première (*Marque en haut*), c'est-à-dire que l'on fera trois pointes

---

[1] On se montrera plus ou moins exigeant pour cet accord, selon que le changement d'aimantation de l'aiguille donnera des différences d'inclinaison plus ou moins fortes.

Haut et *Bas* dans chacune des positions suivantes

Face Est, Marque en avant
Face Ouest id
Id Marque en arrière
Face Est id

La moyenne des 48 pointés, obtenus comme on vient de l'expliquer, donne l'inclinaison

OBSERVATOIRE DE MONTSOURIS

Le 29 mai 1882, matin

Détermination de l'inclinaison

(Boussole Gambey n° 31 Aiguille n° 1)

Bastion des fortifications n° 82, à 35m à l'Ouest du pilier magnétique

Terrain gazonné Beau temps { Thermomètre 16° ; Baromètre 763mm ; Altitude 85m }

Méthode du méridien Observations commencées à 9h 28m, terminées à 10h 7m

Recherche du méridien

Haut de l'aiguille sur 90°	Face Nord	301° 00′
	Face Sud	121 22
		422 22
	Face Est	211 11
	Face Ouest	31 11

Première aimantation (marque en bas)

Marque en avant				Marque en arrière			
Face Est, 211°11′		Face Ouest, 31°11′		Face Ouest, 31°11′		Face Est, 211°11′	
Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
65° 15′	65° 11′	64° 53′	64° 57′	65° 1′	65° 1′	65° 9′	65° 9′
65 13	65 10	64 54	64 56	65 0	65 1	65 9	65 10
65 15	65 11	64 53	64 56	65 1	65 1	65 10	65 9
65 14,3	65 10,7	64 53,3	64 56,3	65 0,7	65 1,0	65 9,3	65 9,3
65° 12′,5		64° 54′,8		65° 0′,9		65° 9′,3	
65° 3′,7				65° 5′,1			
65° 4′,4							

Durée de dix oscillations 32s

Deuxième aimantation (marque en haut)

Durée de dix oscillations 31s,5

Marque en avant				Marque en arrière			
Face Est, 211°11′		Face Ouest, 31°11′		Face Ouest, 31°11′		Face Est, 211°11′	
Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
65° 48′	65° 48′	65° 56′	65° 56′	66° 8′	66° 4′	65° 39′	65° 44′
65 53	65 53	65 54	65 53	66 7	66 3	65 39	65 44
65 54	65 54	65 52	65 53	66 5	66 1	65 39	65 43
65 51,7	65 51,7	65 54,0	65 54,0	66 6,7	66 2,7	65.39,0	65 43,7
65° 51′,7		65° 54′,0		66° 4′,7		65° 41′,4	
65° 52′,9				65° 53′,1			
65° 53′,0							

Première aimantation,	65° 4′,4
Inclinaison	**65° 28′,7 vers 9h 50m du matin.**

CHAPITRE IV.

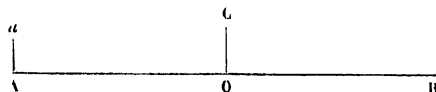
BOUSSOLE D'OSCILLATION

La boussole d'oscillation a pour but de déterminer l'intensité de la composante horizontale de la force magnétique terrestre par la méthode des oscillations

Elle se compose d'une boîte cylindrique en bois dans laquelle se meut l'aiguille, et d'un tube en verre, contenant le fil de suspension, et terminé par une plate-forme circulaire qui ferme la boîte

Le fil est enroulé à la partie supérieure du tube sur un petit tambour commandé par une vis qui permet de soulever ou d'abaisser l'aiguille.

Celle-ci AB (*fig.* 6) est suspendue par un crochet central OC dont la

Fig 6

longueur est suffisamment grande pour que l'aiguille se maintienne horizontale indépendamment des variations de l'inclinaison

Un index en cuivre A*a* permet de noter avec précision les passages de l'aiguille devant la croisée des fils du réticule d'un microscope placé en arrière de la boîte

Exposition de la méthode

On a montré plus haut, en parlant de la boussole I des frères Brunner, que, si le moment magnétique et le moment d'inertie d'une aiguille étaient absolument invariables, l'équation

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{H}t^2 = \pi^2 \frac{\mathrm{K}^2}{\mathrm{M}}$$

permettrait de calculer la composante horizontale H' en un lieu quelconque

où l'on aurait mesuré la durée t' d'une oscillation de l'aiguille. Le produit Ht^2 jouerait le rôle d'une véritable constante instrumentale, qu'il suffirait de déterminer une fois pour toutes.

Mais on a ajouté que le moment d'inertie et le moment magnétique variaient tous deux sous l'influence de la température, et ce dernier encore sous l'action du temps.

Il a été nécessaire, pour utiliser les résultats fournis par la boussole d'oscillation IV, d'étudier ces variations et de calculer les corrections qui en découlent.

L'élévation de la température augmente le moment d'inertie et diminue le moment magnétique de l'aiguille; elle augmente par conséquent la durée de l'oscillation, de sorte que, en admettant que cette augmentation se produise proportionnellement à l'élévation de la température, ce qui est très près de la vérité, on peut écrire

$$t_\theta = t_0 (1 + c\theta) \tag{11}$$

Quand le coefficient c aura été déterminé, cette formule permettra de ramener une durée d'oscillation observée à la température θ à ce qu'elle aurait été si l'on eût observé à une température o adoptée comme terme de comparaison, et par conséquent d'éliminer dans le calcul du coefficient Ht^2 l'influence de la température.

Le moment magnétique M est aussi fonction du temps. L'aiguille perd peu à peu de son magnétisme, surtout quand l'aimantation est récente. D'où la possibilité d'une erreur dont on ne s'apercevra qu'en comparant dans un même lieu la durée de l'oscillation d'une aiguille à celle d'autres aiguilles étudiées parallèlement [1], ou en s'arrêtant à des stations où la composante horizontale est connue. On pourra être conduit alors à apporter dans le cours d'une campagne au coefficient Ht^2 des corrections *additives* successives [2].

---

[1] Pour que ce contrôle soit efficace, il faudrait que chaque boussole fût pourvue de trois aiguilles. Il y a pour cela exactement les mêmes raisons que celles qui conduisent à exiger trois chronomètres au moins pour assurer la détermination de l'heure à bord d'un bâtiment.

[2] Dans l'hypothèse où le coefficient Ht^2 employé serait sans erreur, l'équation (1) donne

$$\frac{\partial H'}{H'} = -2\frac{\partial t'}{t'}$$

L'erreur relative commise sur la composante horizontale est donc double de l'erreur relative

Plus l'aimantation sera vieille, plus l'équilibre magnétique de l'aiguille sera stable généralement. C'est ce qui s'est trouvé vérifié sur les deux aiguilles de notre boussole dont l'aimantation remontait à cinq années ; on a pu, pendant une absence de huit mois, conserver invariable le coefficient Ht^2 de l'aiguille n° 1 et l'on n'a dû augmenter celui de l'aiguille n° 2 que de moins de 0,02 de sa valeur.

Détermination du coefficient de température.

Les circonstances n'ayant pas permis de déterminer avant le départ le coefficient de température des aiguilles de la boussole d'oscillation, on a dû effectuer cette recherche en cours de campagne. Le procédé qu'il a fallu employer et qui, bien que grossier, a paru donner de bons résultats est le suivant :

Pendant un séjour de trois mois au Cerro-Negro (Chili), la boussole d'oscillation avait été disposée pour servir d'instrument de variation et consultée régulièrement chaque jour, matin et soir (Chapitre V). Dans la série de ces observations journalières, les unes ont été faites en plein soleil, avec une température intérieure de la boîte dépassant 40°, d'autres par des temps couverts à une température très inférieure.

Si l'on admet que la valeur de la composante horizontale, en un même lieu et à la même heure, soit à peu près constante pendant une période déterminée, on trouvera dans l'étude des résultats un moyen de déterminer le coefficient de température. Il suffira en effet de comparer la moyenne des durées d'oscillations mesurées à basse température et celle des durées d'oscillations mesurées à haute température, pendant la période envisagée. Il est clair que les valeurs anormales, correspondant à des orages magnétiques, devront être écartées de la moyenne.

Le Tableau ci-après comprend tous les résultats qui ont pu être conservés [1].

---

commise sur la mesure de la durée de l'oscillation. Il en résulte que la méthode des oscillations permet de déterminer la valeur de la composante horizontale avec d'autant plus de précision qu'on se rapproche davantage du pole magnétique.

[1] Pour les observations du matin, on a gardé comme basses températures toutes celles égales ou inférieures à 23°, comme hautes températures toutes celles égales ou supérieures

Les observations du matin sont divisées en deux groupes : le premier s'étendant du 15 octobre au 15 novembre 1882, le second s'étendant du 15 novembre au 15 décembre.

Celles du soir, satisfaisant à la condition d'être faites à des températures assez différentes, étant moins nombreuses, ne forment qu'un seul groupe.

à 30°. Pour les observations du soir, les limites inférieure et supérieure adoptées sont 19° et 26°.

Les observations faites à des températures intermédiaires n'ont pas été utilisées.

Si les variations des durées d'oscillations n'avaient dépendu uniquement que des variations de la température, il aurait été indifférent de conserver toutes les observations, celles qui se seraient trouvées faites à la température moyenne auraient été simplement sans action sur le résultat. Mais il ne faut pas oublier : 1° que l'hypothèse qui a été faite d'une composante horizontale constante n'est pas rigoureuse ; 2° que chaque observation est affectée d'une erreur propre accidentelle. Or ces causes d'erreur affectent aussi fortement les observations faites à la température moyenne que celles où le coefficient de température a un multiplicande considérable ; si donc on avait conservé beaucoup des premières, la différence de durées d'oscillations inhérentes aux variations de température auraient pu se trouver noyées dans les différences dues aux deux autres causes.

OBSERVATIONS DU MATIN

BASSE TEMPÉRATURE			HAUTE TEMPÉRATURE			BASSE TEMPÉRATURE			HAUTE TEMPÉRATURE		
Dates	Durée de cent oscillations	Température	Dates	Durée de cent oscillations	Température	Dates	Durée de cent oscillations	Température	Dates	Durée de cent oscillations	Température
	m s	°		m s	°		m s	°		m s	°
18 oct	4 13,1	21	19 oct	4 15,2	46	23 nov	4 12,7	20	16 nov	4 13,1	39
21	12,1	15	20	14,5	36	26	12,5	19	17	14,4	42
31	12,7	23	22	14,3	45	1 déc	12,4	20	18	13,6	41
8 nov	12,3	20	25	15,1	35	Moy	4 12,5	20	20	15,7	41
9	12,0	17	27	14,7	32				21	14,1	44
10	12,5	20	28	14,6	39				22	14,5	45
Moy	4 12,5	19	29	14,6	31				24	13,9	44
			30	15,6	40				25	14,1	34
			1 nov	13,8	35				27	13,6	42
			2	13,1	33				29	14,4	45
			3	13,3	40				30	15,3	45
			4	14,0	30				2 dec	15,1	45
			5	14,3	38				3	15,0	45
			6	12,9	33				9	14,8	42
			12	13,7	36				10	15,1	47
			Moy	4 14,2	37				11	14,8	42
									12	14,2	38
									13	14,4	40
									14	14,9	44
									15	15,9	45
									Moy	4 14,5	42

OBSERVATIONS DU SOIR

BASSE TEMPÉRATURE			HAUTE TEMPÉRATURE		
Dates	Durée de cent oscillations	Température	Dates	Durée de cent oscillations	Température
	m s	°		m s	°
2 nov	4 12,1	18	19 oct	4 13,8	30
4	11,5	19	20	13,3	26
9	12,1	18	21	13,1	26
10	11,6	14	1 nov	12,8	32
11	11,0	19	3	13,1	27
13	11,9	15	5	12,5	28
17	11,7	19	8	12 5	26
2 déc	12,6	18	15	12,0	26
4	11,4	14	16	12,1	26
Moy	4 11,8	17	18	12,7	28
			19	12,4	30
			20	12,8	28
			21	13,7	35
			23	12,7	27
			27	13,1	31
			29	12,3	26
			1 dec	13,2	26
			7	12,5	26
			10	13,8	41
			11	13,1	36
			12	13,7	31
			13	13,4	35
			14	13,3	40
			Moy	4 13,0	30

Du premier groupe du matin on déduit que l'élévation de la température de 1° augmente la durée de 100 oscillations de l'aiguille de

$$\frac{4^{m}14^{s},2 - 4^{m}12^{s},5}{37 - 19} = 0^{s},094$$

Le deuxième groupe du matin donne pour valeur correspondante

$$\frac{4^{m}14^{s},5 - 4^{m}12^{s},5}{42 - 20} = 0^{s},091$$

Le groupe du soir donne

$$\frac{4^{m}13^{s},0 - 4^{m}11^{s},8}{30 - 17} = 0^{s},092$$

On adoptera la moyenne $0^{s},092$

Mais au Cerro-Negro, la durée de 100 oscillations de l'aiguille, à la température de 25° qui sera prise comme température de comparaison [1], est environ 253^{s} L'élévation de la température de 1° augmente donc la durée de l'oscillation de $\frac{0,092}{253} = 0{,}00036$ de sa valeur, et la formule (11) s'écrira

$$t_\theta = t_0(1 + 0{,}00036\theta)$$

On évalue quelquefois le coefficient de température relativement au moment magnétique de l'aiguille Si l'on fait abstraction des variations du moment d'inertie, on peut écrire

$$\frac{M_0}{M_\theta} = \frac{t_\theta^2}{t_0^2} = (1 + 0{,}00036\theta)^2 \quad (^2),$$

---

(1) On a adopté comme température de comparaison celle de 25°, parce que c'est à peu près la température moyenne de toutes les observations et qu'on donne ainsi le moins d'influence possible à l'erreur commise sur la détermination du coefficient de température

(2) L'équation complète serait

$$\frac{M_0}{M_\theta} = \left(\frac{t_\theta}{t_0}\right)^2 \frac{K_0^2}{K_\theta^2},$$

K_0^2 et K_θ^2 représentant les moments d'inertie de l'aiguille aux températures 0 et θ On doit

$(1 + 0{,}0036\theta)^2$ est sensiblement égal à

$$1 + 2 \times 0{,}00036\theta = 1 + 0{,}00072\theta;$$

par conséquent,

$$M_\theta = \frac{M_0}{1 + 0{,}00072\theta},$$

---

remarquer immédiatement que, $\frac{K_0^2}{K_\theta^2}$ étant inférieur à l'unité, la valeur 0,00072, trouvée pour le coefficient de température relatif au moment magnétique, est trop forte. Il serait difficile d'évaluer l'erreur commise avec les aiguilles de la boussole d'oscillation, qui n'ont pas une forme géométrique, mais, afin de se rendre compte de son importance, on va prendre un exemple.

Soit une aiguille ayant (unités C. G. S.) 10^c de longueur, $0^c,5$ de largeur et $0^c,1$ d'épaisseur à la température de 25°. Sa masse est

$$10 \times 0{,}5 \times 0{,}1 \times 7{,}8 = 3{,}9,$$

7,8 étant la densité de l'acier à 25°, et son moment d'inertie est

$$K_0^2 = 3{,}9(10^2 + 0{,}5^2) = 390{,}975.$$

D'un autre côté, le coefficient de dilatation de l'acier trempé est 0,000 0124. Le moment d'inertie de l'aiguille à une température supérieure de 1° est donc

$$K_1^2 = 390{,}975 \times 1{,}0000124^2$$

ou sensiblement

$$K_1^2 = 390{,}975 \times 1{,}0000248.$$

Par conséquent,

$$\frac{M_0}{M_1} = \left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 \times \frac{1}{1{,}0000248}.$$

Si l'on suppose que, pour l'aiguille qui sert d'exemple, on ait trouvé une valeur $\frac{t_1}{t_0}$ égale à celle déterminée pour l'aiguille de la boussole, $\frac{t_1}{t_0} = 1{,}00036$, alors

$$\frac{M_0}{M_1} = 1{,}00072 \times \frac{1}{1{,}0000248} = 1{,}00069$$

$$\left(\frac{t_1}{t_0}\right)^2 = 1{,}0000248 \times 1{,}00069,$$

équation qui montre que, dans l'augmentation de la durée d'oscillation de l'aiguille considérée, sous l'influence de la température, l'augmentation du moment d'inertie entre pour les $\frac{34}{1000}$ seulement, et la diminution du moment magnétique pour les $\frac{966}{1000}$.

ou, en négligeant encore le carré de $0,00072\theta$,

$$M_\theta = M_0(1 - 0,00072\,\theta),$$

0,00072 est le coefficient de température relatif aux variations du moment magnétique de l'aiguille considérée.

Ces calculs correspondent à des observations faites avec l'aiguille n° **2**, il n'a pas été possible de les répéter avec l'aiguille n° **1** On a cependant admis, à cause de l'identité de forme et de moment magnétique des deux aiguilles, que leurs coefficients de température devaient peu différer Toutefois, cette hypothèse n'étant pas certaine, on a toujours employé l'aiguille n° **2** de préférence à la première.

Les valeurs de la constante Ht^2 pour les deux aiguilles ont été obtenues, comme le montre le Tableau ci-après, en combinant les durées des oscillations de chacune d'elles avec la valeur de la composante horizontale mesurée d'une façon absolue avec la boussole I au parc magnétique de Saint-Maur avant le départ et au retour, et en général dans toutes les stations où l'on a pu faire avec les deux instruments des observations simultanées

Détermination de H au moyen de la boussole d'oscillation du Dépôt de la Marine

LIEUX d'observation	DATES	HEURES Temps moyen local	HEURES Temps moyen de Paris	VALEURS absolues de H déterminées avec la boussole n° 1	AIGUILLE N° 1 Durée de l'oscillation observée	AIGUILLE N° 1 Température	AIGUILLE N° 1 Durée d'une oscillation ramenée à la températ. de 25°	AIGUILLE N° 1 H t calculé d'après les déterminations absolues	AIGUILLE N° 1 H t adopté	AIGUILLE N° 1 H conclu	AIGUILLE N° 2 Durée d'une oscillation observée	AIGUILLE N° 2 Température	AIGUILLE N° 2 Durée d'une oscillation ramenée à la températ. de 25°	AIGUILLE N° 2 H t² calculé d'après les déterminations absolues	AIGUILLE N° 2 H t² adopté	AIGUILLE N° 2 H conclu
	1882	h	h		s	°	s				s	°	s			
Parc de St-Maur	26 juin	3,0 S	3,0 S	0,1948	3,013	30	3,008	1,763	1,747	0,1931	3,022	30	3,017	1,773	1,776	0,1951
	27 juin	10,8 M	10,8 M	0,1943	2,999	23	3,001	1,750	1,747	0,1940	3,028	23	3,030	1,784	1,776	0,1934
	27 juin	3,0 S	3,0 S	0,1943	3,002	27	3,000	1,749	1,747	0,1941	3,029	27	3,027	1,780	1,776	0,1938
St-Vincent (1)	24 juill	1,0 S	2,7 S	0,2838	2,495	32	2,489	1,758	1,747	0,2820	2,517	32	2,511	1,789	1,776	0,2817
	24 juill	1,5 S	3,2 S	0,2838	2,493	33	2,486	1,754	1,747	0,2827	»	»	»	»	1,776	»
Rio de Janeiro	3 août	10,0 M	1,0 S	0,2592	2,593	31	2,588	1,732	1,747	0,2608	2,614	27	2,612	1,764	1,776	0,2603
Montevideo	8 août	5,2 S	9,1 S	0,2636	2,560	19	2,565	1,734	1,747	0,2635	»	»	»	»	1,776	»
Talcahuano	19 août	2,2 S	7,2 S	0,2793	2,484	15	2,493	1,736	1,747	0,2811	2,505	15	2,514	1,765	1,776	0,2810
Santiago	30 août	9,3 M	2,2 S	0,2778	2,499	16	2,507	1,746	1,747	0,2780	2,519	18	2,525	1,771	1,776	0,2786
	30 août	9,5 M	2,4 S	0,2778	2,494	16	2,502	1,739	1,747	0,2791	2,520	18	2,526	1,773	1,776	0,2784
	30 août	9,7 M	2,6 S	0,2778	2,500	16	2,508	1,747	1,747	0,2777	2,520	18	2,526	1,773	1,776	0,2783
Cerro-Negro	16 oct	9,5 M	2,4 S	0,2781	»	»	»	»	1,747	»	2,535	26	2,534	1,786	1,776	0,2766
	23 oct	8,5 M	1,4 S	0,2774	»	»	»	»	1,747	»	1,545	40	2,527	1,771	1,776	0,2781
	26 nov	9,5 M	2,4 S	0,2781	»	»		»	1,747	»	2,526	19	2,531	1,781	1,776	0,2772
Coquimbo	31 déc	4,6 S	9,5 S	»	»	»	»	»	1,747	»	2,531	30	2,526	»	1,786	0,2799
	1883															
Huasco	1 janv	8,5 M	1,4 S	»	»	»		»	1,747	»	2,531	26	2,530	»	1,786	0,2790
Caldera	2 janv	8,0 M	0,9 S	»	»	»		»	1,747	»	2,542	40	2,528	»	1,786	0,2795
Taltal	3 janv	8,5 M	1,4 S	»	»	»		»	1,747	»	2,549	40	2,535	»	1,786	0,2779
	3 janv	8,7 M	1,6 S		»	»	»		1,747	»	2,552	40	2,538	»	1,786	0,2773
Antofogasta	4 janv	9,4 M	2,4 S	»	»	»			1,747	»	2,538	36	2,528	»	1,786	0,2795
Cobija	5 janv	8,5 M	1,5 S		»				1,747	»	2,539	35	2,530		1,786	0,2790
	5 janv	8,7 M	1,7 S		»	»		»	1,747	»	2,536	35	2,527		1,786	0,2797
Iquique	6 janv	8,5 M	1,5 S	»	»			»	1,747	»	2,505	28	2,502	»	1,786	0,2855
	6 janv	9,0 M	2,0 S	»	»			»	1,747	»	2,504	27	2,502	»	1,786	0,2853
Arica	7 janv	9,6 M	2,6 S		»	»			1,747	»	2,502	45	2,484	»	1,786	0,2895
Chala	8 janv	4,8 S	9,9 S	»	»				1,747	»	2,474	28	2,471	»	1,786	0,2925
Le Callao	9 janv	3,8 S	9,1 S	»	»		»		1,747	»	2,406	24	2,407	»	1,786	0,3083
Chorrillos	1 févr	6,0 S	11,3 S		»		»		1,747	»	2,401	25	2,401	»	1,786	0,3098
Parc de St-Maur	2 juin	1,8 S	1,8 S	0,1950	3,012	23	3,014	1,771	1,765	0,1943	3,036	23	3,038	1,800	1,802	0,1932
	2 juin	2,0 S	2,0 S	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,765	0,1952	3,035	23	3,037	1,798	1,802	0,1934
	2 juin	2,7 S	2,7 S	0,1950	3,012	25	3,012	1,769	1,765	0,1946	»	»		»	1,802	»
	2 juin	2,8 S	2,8 S	0,1950	3,007	25	3,007	1,763	1,765	0,1952	»	»	»	»	1,802	
	5 juin	9,8 M	9,8 M	0,1950	3,004	22	3,007	1,763	1,765	0,1952	3,040	»	3,043	1,806	1,802	0,1946
	5 juin	10,5 M	10,5 M	0,1950	3,005	23	3,007	1,763	1,765	0,1952	3,041	»	3,045	1,806	1,802	0,1946

Coefficient de température employé 0,00036

(1) Île volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

Detail d'une observation

Poser l'instrument sur son pied, solidement fixé et orienté de telle sorte que l'axe optique de la lunette ait à peu près la direction du méridien magnetique

Placer dans le fond de la boîte un petit thermomètre qui indiquera la température de l'aiguille [1], accrocher celle-ci au fil de suspension, renverser avec précaution le tube en verre et le mettre en place au-dessus de la boîte

Manœuvrer convenablement les vis calantes pour que le fil de suspension occupe l'axe du tube en verre

Abaisser l'aiguille jusqu'à la faire reposer dans le fond de la boîte et la soulever doucement; recommencer cette opération jusqu'à ce que ses oscillations soient devenues très faibles

Régler finalement la hauteur de la suspension de l'aiguille de façon que la pointe effilée soit à 2^{mm} environ au-dessus du secteur gradué.

Manœuvrer la vis de rappel qui commande le mouvement du microscope jusqu'à égaliser les petites oscillations que decrit l'index de l'aiguille de part et d'autre de la croisée des fils

Attendre que le mouvement pendulaire de l'aiguille soit complètement arrêté; puis approcher l'autre aiguille de la boussole de façon à communiquer à celle qui est suspendue un mouvement d'oscillation de 7° à 8°

Lorsque l'amplitude totale de l'oscillation est réduite à 5° environ, lire le thermomètre intérieur et se mettre en observation

Compter 100 oscillations en procédant comme il a été expliqué pour la boussole I.

Aussitôt après, lire l'amplitude restante et la temperature

On vérifiera immédiatement s'il n'y a pas eu d'erreur de seconde ou de dizaine de seconde dans le comptage, et si l'on ne s'est pas trompé quant au nombre des oscillations.

---

(1) Il serait tout à fait insuffisant de noter la temperature de l'air extérieur, la plate-forme en verre, qui ferme la boîte, transforme en effet celle-ci, quand le Soleil donne, en une véritable serre, de telle sorte que la temperature interieure est superieure parfois de 15° ou 20° à celle de l'air ambiant

La correction relative à l'amplitude [1] et celle relative à la température se feront pour l'amplitude et la température moyennes

---

[1] La correction relative à l'amplitude est négligeable si l'on s'est enfermé dans les limites indiquées

Voir, dans le cas contraire le Tableau donné dans les *Conférences* de M Mascart

CHAPITRE V.

DÉTERMINATION DE LA VARIATION DES ELEMENTS MAGNÉTIQUES

A défaut d'instruments spéciaux pour la mesure des variations des éléments du magnétisme terrestre, on a pensé que l'on pourrait tirer quelques utiles résultats des boussoles I, III et IV, en les installant à poste fixe, dans les conditions les plus favorables, et en les consultant régulièrement, plusieurs fois dans la journée et aux heures qu'il fut possible de réserver en tenant compte des travaux multiples de la Mission.

L'emplacement destiné au petit observatoire magnétique a été choisi à l'extrémité opposée de la vaste prairie dans laquelle on construisait l'observatoire astronomique du Cerro-Negro, à 80^{m} au moins du chemin, et plus loin encore de toute habitation Le sol était d'ailleurs sans influence locale, ainsi qu'on a pu s'en assurer par la concordance des résultats d'observations effectuées simultanément sur le lieu même et à plusieurs centaines de mètres de l'observatoire.

Un solide pilier, entouré d'une tente spéciale, avait été bâti pour recevoir la boussole de voyage destinée à donner les variations de la déclinaison, à 50^{m}, dans le nord de celle-ci, la boussole d'inclinaison reposait sur un pilier semblable et était protégée par une vaste caisse mettant l'instrument parfaitement à l'abri, enfin, à 50^{m} de ces deux instruments et dans l'Est, était installée la boussole d'oscillation sur un pied à trois branches

La stabilité des piliers n'a rien laissé à désirer · on vérifiait chaque jour la position de la boussole de déclinaison par des relèvements de points fixes et éloignés, dont on a soigneusement déterminé les azimuts Plusieurs observations absolues ont été effectuées pendant cette période avec les deux aiguilles de chaque instrument, dans le but de contrôler les indications de celles avec lesquelles on opérait chaque jour

L'observatoire magnétique a fonctionné du 16 octobre au 23 décembre 1882 · sauf quelques rares exceptions, dues à des empêchements de force

majeure, les instruments ont été généralement consultés deux fois par jour, le plus souvent vers 9^h du matin et 5^h du soir, temps moyen du lieu On a fait, en outre, un certain nombre d'observations intermédiaires Les résultats obtenus avec chacun des instruments vont être successivement donnés

BOUSSOLE DE VOYAGE I.

L'aiguille **2** a été constamment employée dans la position *marque dessus*, le cercle zénithal de l'instrument étant à l'*Ouest* La comparaison des résultats des mesures absolues avec la moyenne des pointes Nord et Sud de chaque observation a montré qu'il faut retrancher 0',5 de ces moyennes pour obtenir la trace du méridien magnétique

L'azimut vrai de la pointe de la toiture du Cerro-Negro étant *Sud* 44° 53',7 *Est*, et le relèvement de ce point étant 155° 21',9 jusqu'au 16 novembre, et 155° 22',8 depuis le 16 novembre jusqu'à la fin, on en conclut que le relèvement du Nord vrai est 20° 15',6 pendant la première période et 20° 16',5 pendant la seconde Ces nombres, retranchés de ceux qui correspondent à la trace du méridien magnétique déterminée ainsi qu'il a été dit, fournissent la déclinaison pour l'heure de l'observation.

OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE DU CERRO-NEGRO (CHILI)

Latitude 33° 36′ Sud
Longitude 4h 52m, 1 Ouest

(Boussole de voyage de Brunner)

Determination des variations de la declinaison

Cercle zénithal dans l'Ouest Aiguille n° 2, marque dessus

	Observations du matin			Observations du soir		
Dates	Heures	Moyennes des pointes Nord et Sud	Declinaisons conclues	Heures	Moyennes des pointes Nord et Sud	Declinaisons conclues
1882						
17 Oct	8h,7	36° 22′,1	16° 6′,0 Est	5h,8	36° 25′,0	16° 8′,9 Est
18	7,2	23,3	7,2	5,3	27,3	11,2
19	8,8	25,5	9,4	5,0	26,1	10,0
20	5,3	25,5	9,4	»	»	»
20	9,3	24,0	7,9	4,8	27,7	11,6
21	8,7	22,5	6,4	5,3	28,8	12,7
22	8,7	24,9	8,8	5,5	32,0	15,9
23	7,6	26,9	10,8	»	»	»
23	9,8	24,5	8,4	5,3	28,0	11,9
23	11,2	26,2	10,1	»	»	»
24	8,7	25,4	9,3	5,2	29,9	13,8
25	9,3	27,6	11,5	4,8	30,9	14,8
26	8,8	25,9	9,8	4,7	28,0	11,9
27	8,8	23,8	7,7	5,7	28,5	12,4
28	9,0	26,8	10,7	»	»	»
29	8,7	25,6	9,5	4,8	33,0	16,9
30	8,7	24,6	8,5	4,7	29,3	13,2
31	8,8	23,6	7,5	4,8	30,3	14,2
1 Nov	8,8	25,5	9,4	4,7	31,1	15,0
2	»	»	»	1,7	32,9	16,8
2	8,7	23,0	6,9	4,7	28,6	12,5
3	8,7	27,0	10,9	4,7	29,5	13,4
4	8,2	23,9	7,8	5,7	27,8	11,7
5	8,8	24,3	8,2	5,2	28,2	12,1
6	»	»	»	4,8	28,3	12,2
7	»	»	»	4,8	28,5	12,4
8	8,8	26,4	10,3	4,8	28,9	12,8
9	8,8	26,1	10,0	4,8	29,6	13,5
10	8,8	24,0	7,9	4,8	30,3	14,2
11	»	»	»	4,7	30,0	13,9
12	8,8	30,8	14,7	5,2	33,6	17,5

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures	Moyennes des pointes Nord et Sud	Déclinaisons conclues	Heures	Moyennes des pointes Nord et Sud	Déclinaisons conclues
1882	h	° '	° '	h	° '	° '
13 Nov	»	»	»	4,8	36 33,4	16 17,3 Est
15	»	»	»	4,8	30,4	14,3
16	8,8	36 24,7	16 8,6 Est	5,0	29,4	13,3
17	8,7	26,4	10,3	4,8	31,0	14,9
18	8,8	37,0	20,9	4,8	33,6	17,5
19	8,8	23,0	6,9	5,0	29,8	13,7
20	8,8	41,6	25,5	5,3	32,3	16,2
21	8,8	29,8	13,7	4,8	35,6	19,5
22	9,8	33,3	17,2	4,8	28,6	12,5
23	8,8	26,2	10,1	5,0	29,3	13,2
24	9,2	28,8	12,7	5,7	29,1	13,0
25	9,2	24,2	8,1	»	»	»
26	7,2	26,0	9,0	»	»	»
26	8,5	27,2	10,2	5,7	29,8	12,8
26	10,1	28,0	11,0	»	»	»
26	10,4	29,7	12,7	»	»	»
27	8,8	26,8	9,8	5,2	28,0	11,0
28	9,2	26,3	9,3	»	»	»
29	8,8	26,4	9,4	4,8	26,4	9,4
30	9,3	26,4	9,4	5,7	28,0	11,0
1 Déc	9,5	26,8	9,8	5,3	28,0	11,0
2	10,2	30,6	13,6	6,3	28,8	11,8
3	10,2	30,0	13,0	5,7	26,9	9,9
4	»	»	»	6,8	27,0	10,0
6	7,2	27,1	10,1	6,7	24,2	7,2
7	»	»	»	6,2	24,0	7,0
9	9,7	24,6	7,6	»	»	»
10	11,2	27,3	10,3	5,0	26,3	9,3
11	8,7	23,6	6,6	4,7	25,5	8,5
12	8,7	26,0	9,0	4,8	25,5	8,5
13	8,8	25,1	8,1	4,8	24,8	7,8
14	9,3	24,6	7,6	4,8	25,4	8,4
15	8,7	24,0	7,0	5,2	23,5	6,5
16	9,2	26,4	9,4	»	»	»
17	10,2	25,8	8,8	6,7	25,4	8,4
18	»	»	»	5,7	24,9	7,9
19	9,5	29,0	12,0	»	»	»
19	midi	31,0	14,0	»	»	»
20	9,0	25,8	8,8	»	»	»
21	7,0	27,7	10,7	4,0	28,7	11,7
22	7,0	25,6	8,6	»	»	»

Si l'on répartit ces résultats en quatre groupes à peu près égaux et si, dans chacun de ces groupes, on fait la moyenne des déclinaisons obtenues aux environs de 9^h du matin et de 5^h du soir, en comprenant par ailleurs les observations moins nombreuses effectuées à des heures intermédiaires dans des moyennes se répartissant sur toute la durée des opérations et correspondant à peu près aux mêmes moments de la journée, on obtient les valeurs suivantes :

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heure t moy local	Nombre des détermin	Valeur moy de la déclinaison	Heure t moy local	Nombre des détermin	Valeur moy de la déclinaison
Du 17 oct au 1er nov 1882	$8^h,9$	14	16° 8',8 E	$5^h,1$	14	16° 12',8 E
Du 1er nov au 15 nov 1882	8,7	9	9,6	4,9	14	13,8
Du 15 nov au 1er déc 1882	8,9	10	9,8	5,2	8	12,3
Du 1er déc au 23 déc 1882	9,1	10	8,5	5,0	10	9,0
Du 17 oct au 23 déc 1882	7,2	6	9,4	0,8	2	15,4
Du 17 oct au 23 déc 1882	10,5	7	11,4	6,5	5	8,9

L'inspection de ces résultats montre que, comme dans nos latitudes, la déclinaison croît depuis le matin jusqu'à midi, et qu'elle passe par un maximum entre midi et 4^h pour décroître ensuite rapidement.

Les nombres compris dans la période qui s'étend du 17 au 23 novembre ont été écartés des moyennes. Cette période correspond, en effet, à une série de perturbations magnétiques intenses constatées par les résultats anormaux fournis par l'instrument.

En même temps que ces troubles magnétiques se sont produits, ont apparu des phénomènes électriques qui se sont manifestés dans les lignes télégraphiques du Chili. Dans la soirée du 17 novembre, vers 9^h du soir, au milieu des échanges de signaux destinés à la détermination de la différence de longitude entre le Cerro-Negro et Santiago, toute communication fut subitement interrompue entre les observateurs. Il y eut de même à plusieurs reprises des interruptions sur un grand nombre de lignes aériennes. Les lignes sous-marines n'ont pas été moins éprouvées, ainsi que le constate l'extrait suivant, tiré du registre du *West coast America telegraph* dans le bureau de Valparaiso. « Le 17 novembre 1882, le travail des communications télégraphiques a été considérablement ralenti par

suite de forts courants de terre qui se sont manifestes entre 10^h du matin et 2^h de l'après-midi A partir de ce moment, ils sont devenus plus faibles et n'ont pas interrompu sérieusement l'interpretation des signaux lumineux. L'amplitude du déplacement de l'arc lumineux sur l'échelle graduée atteignait environ 30 pouces, tandis que la deflexion ordinaire est généralement comprise entre $\frac{1}{2}$ pouce et 1 pouce Le phénomène durait cinq ou six secondes avec des intermittences de une ou deux minutes. »

Les renseignements ultérieurs ont fait connaître que cette perturbation ne s'est pas localisee au Chili et qu'elle a eté ressentie dans les contrées les plus éloignées

BOUSSOLE D'INCLINAISON III

L'expérience qui en a éte faite à l'observatoire magnetique du Cerro-Negro a paru demontrer que l'emploi de la boussole de Gambey se prêtait peu, comme on pouvait le prévoir, à la détermination des variations de l'inclinaison.

On voit, en examinant le Tableau ci-joint, que les pointés faits matin et soir sur les extrémités de l'aiguille, ou ceux obtenus d'un jour à l'autre, présentent souvent entre eux une différence beaucoup plus considérable que celle qu'il serait permis d'attribuer aux variations diurnes de l'élément magnétique.

L'encrassement des agates et tourillons, qu'on ne saurait nettoyer sans changer le point de suspension de l'aiguille, et l'humidité dont il a eté impossible, malgré tous les soins, de preserver entièrement l'instrument, sont certainement au nombre des causes qui ont ainsi faussé les résultats

Les inclinaisons journalières ont été conclues de la différence entre la valeur trouvee par l'observation complète la plus voisine et celle fournie *dans le cours de cette observation* par la moyenne des pointés effectués dans la position où l'on a conservé l'aiguille, c'est-à-dire *marque en bas, marque en arrière, face Est*

La désaimantation successive de l'aiguille, dont l'excentricité du centre de gravité est assez considérable, se produisant d'une observation à l'autre, a sans doute encore ete un élément d'erreur

OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE DU CERRO-NEGRO (CHILI)

Latitude 33° 36′ Sud
Longitude 4h 52m, 1 Ouest

Détermination des variations de l'inclinaison

(Boussole de Gambey n° 31)

Aiguille n° 2, marque en bas, marque en arrière, face Est

Date	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue
1882	h			h		
17 Oct	8,9	33° 50′,1	34° 2′,5	6,0	33° 50′,0	34° 2′,4
18	»	»	»	5,5	66,0	38,4
19	9,0	44,8	33 57,2	»	»	»
20	9,5	44,0	56,4	5,0	54,4	6,8
21	8,9	51,5	34 3,9	5,5	44,3	33 56,7
22	8,8	43,7	33 56,1	5,6	47,0	59,4
23	»	»	»	5,4	56,6	34 9,0
24	8,7	45,4	34 6,2	5,2	20,3	33 41,1
25	9,4	26,7	33 47,5	4,8	45,7	34 6,5
26	8,8	32,8	53,6	4,7	43,8	4,6
27	8,8	20,3	41,1	5,7	22,8	33 43,6
28	9,0	50,8	34 11,6	»	»	»
29	8,7	46,0	6,8	4,8	50,8	34 11,6
30	8,7	34,2	33 55,0	4,8	42,2	3,0
31	8,8	30,6	51,4	4,8	17,5	33 38,3
1 Nov	8,8	20,0	40,8	4,7	29,0	49,8
2	8,8	14,7	35,5	4,8	20,7	41,5
3	8,8	14,0	34,8	4,8	15,6	36,4
4	8,3	12,0	32,8	5,7	14,4	35,2
5	8,8	25,8	46,6	5,2	28,4	49,2
6	»	»	»	4,8	17,6	38,4
7	»	»	»	4,8	18,6	39,4
8	8,8	20,6	41,4	4,8	14,8	35,6
9	8,8	16,6	36,4	4,9	19,0	39,8
10	8,8	13,2	34,0	4,8	18,4	39,2
11	»	»	»	4,8	19,3	40,1
12	8,8	11,7	32,5	5,2	20,6	41,4
13	»	»	»	4,8	21,2	42,0
14	»	»	»	6,8	18,8	39,6
15	»	»	»	4,8	15,5	36,3
16	8,8	13,8	34,6	5,0	14,6	35,4
17	8,7	19,3	40,1	4,8	23,9	44,7
18	8,8	15,7	36,5	4,8	20,0	40,8

Date	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue	Heures	Moyenne des pointes haut et bas	Inclinaison conclue
1882	h	°	° ′	h	° ′	° ′
19 Nov	8,8	33° 17,3	33° 38′,1	5,0	33° 15′,5	33° 36′,3
20	8,8	31,2	52,0	5,3	26,8	47,6
21	8,8	14,8	35,6	4,8	24,0	44,8
22	9,8	11,5	32,3	4,8	20,6	41,4
23	8,8	17,2	38,0	5,0	17,9	38,7
24	9,3	13,7	34,5	5,8	19,2	40,0
25	9,3	13,7	34,5	»	»	»
26	7,2	20 2	41,0	5,7	39,0	59,8
27	8,8	26,4	56,4	5,2	19,3	49,3
28	9,2	50,3	34 20,3	»	»	»
29	8,8	6,7	33 36,7	4,8	10,0	40,0
30	9,4	6,7	36,7	5,7	16,3	46,3
1 Déc	9,5	20,4	50,4	5,4	14,5	44,5
2	10,2	15,3	45,3	6,3	23,6	53,6
3	10,2	13,2	44,2	5,7	11,0	41,0
4	»	»	»	6,8	33,3	34 3,3
5	»	»	»	»	»	»
6	»	»	»	6,7	24,0	33 54,0
7	»	»	»	6 2	17,5	47,5
8	»	»	»	»	»	»
9	9,7	6,8	36,8	»	»	»
10	11,2	15,5	45,5	5,0	10,5	40,5
11	8,7	15,8	45,8	4,7	18,5	48,5
12	8,7	11,5	41,5	4,8	13,5	43,5
13	8,8	11,7	41,7	4,8	14,3	44,3
14	9,3	11,6	41,6	4,8	18,0	48,0
15	8,7	9,5	39,5	5,2	11,5	41,5
16	9,2	15,2	45,2	»	»	»
17	10,2	12,8	42,8	»	»	»
18	»	»	»	5,7	15,1	45,1
19	9,5	10,6	40,6	»	»	»

Ces résultats, groupés comme on l'a fait pour la boussole de déclinaison, donneraient les moyennes suivantes :

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures t moy local	Nombre des determ	Valeur moy de l'inclinaison	Heures t moy local	Nombre des determ	Valeur moy de l'inclinaison
	h		° ′	h		° ′
Du 17 oct au 1er nov 1882	8,9	13	33° 53′,0	5,2	13	33° 52′,3
Du 1er nov au 15 nov 1882	8,8	9	37,2	5,1	14	40,5
Du 15 nov au 1er déc 1882	8,9	15	41,6	5,1	14	42,2
Du 1er déc au 19 déc 1882	9,5	13	43 1	5,5	13	47,3

BOUSSOLE D'OSCILLATION IV

On a employé, pendant toute la durée des observations, l'aiguille n° 2. La durée d'une oscillation observée a été corrigée de l'amplitude et de l'influence de la température, dont le coefficient (0,00036) a été déterminé comme on l'a indiqué au Chapitre IV.

Enfin, des valeurs trouvées pour les durées d'oscillation ont été déduites les valeurs de la composante horizontale.

OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE DU CERRO-NEGRO (CHILI)

Latitude 33° 36′ Sud
Longitude $4^h 52^m,1$ Ouest

Détermination des variations de la composante horizontale

Boussole d'oscillation IV, aiguille n° 2

Dates	Observations du matin						Observations du soir					
	Heures	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante H conclue	Heures	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante H conclue
1882	h	s	°		s		h	s	°		s	
17 Oct	8,6	2,552	26	»	2,551	0,2728	5,7	2,524	17	»	2,531	0,2772
18	7,1	31	21	4°	34	65	5,2	50	20	4°	55	19
19	8,7	52	46	4	34	65	»	»	»	»	»	»
20	9,2	45	36	4	35	63	4,7	27	19	7	30	74
21	8,6	21	15	5	29	76	5,2	23	19	7	26	83
22	8,6	43	45	5	24	88	5,4	27	»	»	»	»
23	»	»	»	»	»	»	5,2	25	17	6	31	72
24	8,6	24	17	4	31	72	5,1	26	19	7	29	76
25	9,2	51	35	4	42	48	4,8	41	31	6	35	63
26	8,7	491?	37	5	478?	0,2888?	4,6	29	16	6	36	61
27	8,7	547	32	5	540	0,2752	5,6	28	19	6	32	70
28	8,9	46	39	6	32	70	»	»	»	»	»	»
29	8,6	46	31	5	40	52	4,7	38	30	5	32	70
30	8,6	56	40	6	41	50	4,6	33	26	5	31	72
31	8,7	27	23	6	28	78	4,7	31	26	5	29	76
1 Nov	8,7	38	35	4	29	76	4,6	28	32	6	21	94
2	8,6	31	33	5	23	89	4,6	21	18	6	26	83
3	8,6	33	40	4	19	98	4,6	24	21	6	27	81
4	8,1	40	30	6	34	65	5,6	15	19	5	19	98
5	8,7	43	38	5	30	74	5,1	25	28	4	22	92
6	»	»	»	»	»	»	4,7	29	33	5	21	94
7	»	»	»	»	»	»	4,7	25	30	6	19	98

Dates	Observations du matin						Observations du soir					
	Heure	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante H conclue	Heure	Durée d'une oscillation observée	Température	Amplitude moyenne	Durée d'une oscillation corrigée	Valeur de la composante H conclue
1882	h	s	°	°	s		h	s	°	°	s	
8 Nov	8,7	2,523	20	5	2,527	81	4,7	2,525	26	6	2,523	89
9	8,7	20	17	5	26	83	4,7	21	18	5	26	83
10	8,7	25	20	5	29	76	4,7	16	14	5	25	85
11	»	»	»	»	»	»	4,6	10	19	5	15	0,2807
12	8,7	37	36	5	26	83	5,1	20	25	6	19	0,2798
13	»	»	»	»	»	»	4,7	19	15	5	27	81
14	»	»	»	»	»	»	6,7	11	20	4	16	0,2805
15	»	»	»	»	»	»	4,7	20	26	6	18	0,2800
16	8,7	31	39	3	18	0,2800	4,9	21	26	4	20	0,2796
17	8,6	44	42	5	27	0,2781	4,7	17	19	4	22	92
18	8,7	36	41	4	21	94	4,7	27	28	4	24	87
19	8,7	31	25	5	30	74	4,9	24	30	4	19	98
20	8,7	57	41	4	42	48	5,2	28	28	4	25	85
21	8,7	41	44	3	24	87	4,7	37	35	6	27	81
22	9,7	45	45	5	26	83	4,7	22	25	6	21	94
23	8,7	27	20	4	32	70	4,9	27	27	4	25	85
24	9,1	39	44	5	21	94	5,7	18	20	4	23	89
25	9,1	41	34	5	32	70	»	»	»	»	»	»
26	10,0	25	19	6	30	74	5,6	24	20	4	29	76
27	8,7	36	42	6	19	98	5,1	31	31	4	26	83
28	9,1	51	45	6	30	70	»	»	»	»	»	»
29	8,7	44	45	5	25	85	4,7	23	26	5	21	94
30	9,2	53	45	6	34	65	5,6	25	24	6	25	85
1 Déc	9,4	24	20	6	28	78	5,2	32	26	6	30	74
2	10,1	51	45	5	32	70	6,2	26	18	6	31	72
3	10,1	50	45	6	31	72	5,6	31	24	6	31	72
4	»	»	»	»	»	»	6,7	14	14	6	21	94
5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6	7,1	»	»	»	»	»	6,6	21	22	5	23	89
7	»	»	»	»	»	»	6,1	25	26	5	23	89
8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	9,6	48	42	3	33	67	»	»	»	»	»	»
10	11,1	51	47	5	30	74	4,9	38	41	3	24	87
11	8,6	48	42	5	31	72	4,6	31	36	5	20	96
12	8,6	42	38	6	30	74	4,7	37	31	5	31	72
13	8,7	44	40	5	30	70	4,7	34	35	6	24	87
14	9,2	49	44	5	31	72	4,7	33	40	5	19	98
15	8,6	59	45	6	40	52	5,1	46	30	4	41	50
16	9,1	45	38	4	33	67	»	»	»	»	»	»
17	10,1	57	45	4	39	54	6,6	»	»	»	»	»
18	»	»	»	»	»	»	5,6	39	28	4	36	61
19	9,4	34	31	4	29	76	»	»	»	»	»	»

Ces résultats, groupés comme on l'a fait pour les boussoles de déclinaison et d'inclinaison, donnent les moyennes suivantes :

Dates	Observations du matin			Observations du soir		
	Heures t. moy. local	Nombre des déterm.	Valeur moy. de la composante horizontale	Heures t. moy. local	Nombre des déterm.	Valeur moy. de la composante horizontale
	h			h		
Du 17 oct. au 1er nov. 1882	8,8	12	0,2762	5,0	12	0,2767
Du 1er nov. au 15 nov. 1882	8,6	9	0,2781	4,9	15	0,2793
Du 15 nov. au 1er déc. 1882	9,0	9	0,2778	5,2	7	0,2787
Du 1er déc. au 19 déc. 1882	9,3	12	0,2769	5,4	13	0,2780

Il serait peut-être prématuré de tirer dès maintenant d'autres conclusions de ces moyennes, qui présenteront plus d'intérêt lorsqu'elles seront rapprochées d'observations correspondantes effectuées dans des régions voisines.

CHAPITRE VI.

RÉSULTATS DES MESURES EFFECTUÉES

Les Tableaux suivants fournissent les résultats des mesures effectuées au moyen des quatre instruments dont la Mission disposait. On trouvera, dans les exemples numériques contenus dans les premiers Chapitres, l'explication des éléments donnés dans les différentes colonnes.

D'après les conventions du début, les instruments sont désignés par des numéros :

I. Boussole de voyage de Brunner,

II. Théodolite-boussole de Hurlimann,

III. Boussole d'inclinaison de Gambey,

IV. Boussole d'oscillation.

Il ne reste plus qu'à dire quelques mots sur le choix du terrain d'observation et sur les renseignements accessoires.

Le terrain a toujours été choisi, avec le plus grand soin, loin de toute habitation, de tout ouvrage en fer, de fils télégraphiques, de routes pouvant faire craindre des conduites souterraines d'eau ou de gaz. Lorsque le sol présentait un aspect ferrugineux, on s'assurait de l'effet des pierres du voisinage sur l'aiguille aimantée. Ce choix du terrain est de la plus grande importance; la présence de quelque masse de fer ignorée ou d'oxyde de fer dans la constitution géologique du sol suffit pour produire des écarts souvent considérables dans les valeurs mesurées dans des lieux très rapprochés (1). Les boîtes des instruments, le compteur et les objets en fer ou en nickel que l'observateur pouvait porter sur lui ont été éloignés à bonne distance.

Toutes les fois que les circonstances l'ont permis, on a effectué des

---

(1) Ce fait a été constaté d'une façon très évidente à Saint-Vincent (îles du cap Vert), bien que des blocs de pierre d'aspect ferrugineux et d'un volume atteignant plus de 2 décimètres cubes n'aient produit aucune déviation notable sur l'aiguille suspendue.

observations simultanées, en plaçant les instruments à 40^{m} au moins les uns des autres, afin qu'ils ne s'influençassent pas mutuellement, et les déterminations ont été répétées en des lieux différents on s'est ainsi soustrait plus sûrement aux influences locales

Lorsque des valeurs du même élément magnétique ont eté obtenues simultanément par des déterminations absolues et au moyen de coefficients, on a pris pour *valeur adoptée* les resultats de la détermination absolue

Outre l'objet éloigné servant de repère, on a relevé, autant que possible, un certain nombre de points remarquables permettant de placer sur la carte le lieu d'observation et d'en deduire la latitude et la longitude, enfin, la température, la hauteur barometrique et l'altitude approchée de la station ont eté notées avec soin

DECLINAISONS. — INCLINAISONS

INTENSITÉS HORIZONTALES DE LA FORCE MAGNÉTIQUE TERRESTRE

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES. NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Montsouris (1), Paris (France)	1882 26 mai	Lat 48°49′ N Long $0^h 0^m,0$	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à $1^m,50$ dans le Sud du pilier destiné aux observations magnétiques Flèche de la coupole du Panthéon [illegible] Terrain gazonné	Ciel couvert Petite brise de S
	27 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 92° 4′ Clocher de Bicêtre 206 7 Terrain gazonné	Ciel très nuageux Faible brise de S
	29 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon . 351° 50′ Clocher de Bicêtre 105 53	Ciel couvert Faible brise de N
	1er juin	Idem	Escarpe du bastion 82 dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Clocher de Bicêtre 188° 5′	Beau ciel voilé p[ar] la brume Jolie brise de N E
			A 25m dans l'Ouest du pilier des fortifications Clocher de Bicêtre . 33° 0′ Terrain gazonné	Idem
Lisbonne (Portugal)	19 juill	Lat 38°43′ N Long $0^h 45^m,70$	Colline à 200m dans le Nord du cimetière de l'Ouest, à 1500m dans l'Est-Nord-Est de l'Observatoire royal Croix de l'église du cimetière 168° 47′ Croix d'un monument dans le Nord du palais d'Ajuda 133 53 Terrain labouré	Très beau temp[s] Faible brise de N

(1) Le travail de la pose de gros tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan était en voie d'exécution

…AISONS.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS.	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES Numéro de l'aiguille	 Relèvements du nord magnét	 Heures, t. m local, correspondantes	DÉCLINAISONS Valeurs trouvées	 Valeurs adoptées
θ 15° B 753mm ε 85m	de Bernardières	II	208° 7',7	1 2	191° 35',6 191 36,7	h 9,0 M 9,5 M	16° 32',1 O 16 31,0	16° 32' O
θ 20° B 760mm ε 85m	de Bernardières	I	76 52,0	2 1	60 19,4 60 22,0	10,0 M 10,5 M	16 32,6 16 30,0	16,31 O
θ 16° B 763mm ε 85m	de Bernardières	I	336 38,0	2 1 2 1	320 05,8 320 05,0 320 06,5 320 05,5	7,6 M 8,0 M 8,3 M 10,8 M	16 32,2 16 33,0 16 31,5 16 32,5	16 32 O
θ 15° B 759mm ε 85m	de Bernardières	I	58 50,0	1 2 1 1 2	42 14,0 42 18,1 42 19,1 42 17,4 42 18,0	7,8 M 8,1 M 8,4 M 8,8 M 9,2 M	16 36,0 16 31,9 16 30,9 16 32,6 16 32,0	16 32 O
Idem	Barnaud	II	263 49,0	1 2	247 17,0 247 16,2	9,7 M 10,7 M	16 32,0 16 32,8	
θ 22° B 765mm ε 25m	de Bernardières	I	166 22,0	1 2	147 0,5 146 58,8	9,2 M 9,4 M	19 21,5 O 19 23,2	19 22 O

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Porto-Grande, St-Vincent (¹) (Iles du Cap Vert)	1882 24 juill	Lat 16°53′ N Long 1h49m,3 O	Plaine à environ 800m dans le Sud-Est du débarcadère Mât de pavillon du Fort 344°48′ Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Temps en partie couvert Petite brise d'E
			A 115m dans le Nord-Ouest de l'instrument I Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Idem
Rio de Janeiro (Brésil)	3 août	Lat 22°54′ S Long 3h02m,0 O	Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mât de signaux près de l'observatoire 324°41′ Milieu du Pain de Sucre 6° 12 Terrain boisé, non défriché	Alternat de temps clair et de ciel nuageux Presque calme
			Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mât de signaux 179° 3′ Pain de Sucre 320 50 Terrain boisé, non défriché	Idem
Montevideo (Uruguay)	7 août	Lat 34°53′ S Long 3h54m,2 O	Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage Tour Sud-Est de la cathédrale 114°6′ Phare (sommet du fort du Cerro) 192.6 Terrain sablonneux. Quelques herbes.	Ciel découvert Jolie brise de S… au début Petite brise à la fin
			A 60 mètres dans l'Ouest-Sud-Ouest de l'instrument I Tour de la cathédrale 169°45′ Phare du Cerro 248 47 Terrain gazonné avec quelques herbes	Idem
Talcahuano (Chili)	19 août	Lat 36°42′ S Long 5h1m,7 O	Colline au-dessus de la gare du chemin de fer, à 500m de cette gare Clocher de l'église 33°25′ Mât du pavillon de l'hôpital 346 32 Terrain gazonné, avec quelques arbustes	Temps en partie couvert Soleil à de rares intervalles Presque calme
			Instrument n° 1, à 120m 23°18′ Clocher de l'église 10 49 Mât de pavillon de l'hôpital 23 19 Terrain sablonneux. Quelques herbes	Idem

(¹) Ile volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

(²) Les nuages ont empêché d'observer le Soleil. On a pu rapprocher ces observations magnétiques de celles de la boussole de voyage au moyen de

aisons

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét.	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
					° ′	h	° ′	
θ 26° B 761mm ε [illegible]	de Bernardières	I	209° 9′,5	1	189 59,0	11,9 M	19 10,5 O	»
				2	189 58,4	0,3 S	19 11,1	
				2	189 56,3	1,0 S	19 13,2	
				1	189 55,2	1,3 S	19 14,3	
				2	189 55,2	1,8 S	19 14,3	
Idem	Barnaud	II	29 1,7	1	9 36,5	1,0 S	19 25,2 O	
				2	9 35,0	2,0 S	19 26,7	
θ 20° B 769mm ε 40m	de Bernardières	I	43 55,7	2	39 15,4	9,4 M	4 42,3 O	4° 39′ O
				1	39 17,6	9,8 M	4 38,1	
				2	39 18,4	10,7 M	4 37,3	
Idem	Barnaud	II	78 20,5	1	73 40,7	9,3 M	4 39,8	
				2	73 41,[illegible]	10,0 M	4 39,3	
θ 19° B 761mm ε 3m	de Bernardières	I	297 31,0	1	305 35,0	4,0 S	8 14,0 E	8 14 E
				2	305 34,2	3,7 S	8 13,2	
				2	305 34,6	4,5 S	8 13,6	
Idem	Barnaud	II	173 57,5	1	182 11,9	3,7 S	8 14,4 E	
				2	182 11,1	4,3 S	8 13,6	
θ 17° B 766mm ε 50m	de Bernardières	I	4 34,0	2	21 44,9	0,2 S	17 10,9 E	17 14 E
				2	21 47,3	1,5 S	17 13,3	
				1	21 48,3	1,7 S	17 14,3	
				1	21 50,0	2,8 S	17 16,0	
Idem	Barnaud	II	(1)	1	238 23,2	1,0 S	»	
				2	238 26,0	1,8 S	»	

relèvement commun dans lequel on avait placé les deux instruments

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELEVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Valparaiso (Chili)	1882 22 août	Lat 33° 1' S Long 4h55m,7 O	Falaise entre le Cerro de l'artillerie et le phare, à 200m de ce dernier Phare 309° 3' Terrain sablonneux, avec quelques herbes	Bonne brise de N-O
	1883 2 févr	Idem	Falaise dans le Nord-Ouest du Cerro de l'artillerie, à 1000m dans l'Est du phare Phare 345° 15' Terrain sablonneux, avec quelques herbes	Temps découvert Brise de N-O, faible au début, fraîche à la fin des observations
Cerro-Negro, San Bernardo (Chili)	1882 16 oct	Lat 33°36' S Long 4h52m,1 O	Vaste prairie, à 500m dans l'Est de l'observatoire magnétique du Cerro-Negro Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 353° 8' Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observat magnétique du Cerro-Negro, pilier du Sud Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22' Prairie avec de hautes herbes	Idem
	23 oct	Idem	Observat magnétique du Cerro-Negro, pilier du Sud Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22'	Ciel découvert Calme
	26 nov	Idem	Observat magnétique du Cerro-Negro, pilier du Sud Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 23'	Temps couvert et orageux Calme
Cauquenes, Cordillère des Andes (Chili)	25 déc.	Lat 34°15' S Long 4h52m,0 O	Parc des bains de Cauquenes, à 350m dans l'Est de l'établissement Terrain gazonné	Beau temps Petite brise d'O
Angol (Araucanie) (Chili)	1883 10 févr	Lat 37°48' S Long 5h00m,4 O	Monticule à 500m dans le Nord-Est de l'église Clocher de l'église de la ville. 190° 46' Sommet de la gare du chemin de fer 101.43 Terrain cultivé	Ciel découvert Jolie brise de S-E, allant en fraîchissant

isons

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numero de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t m local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ » B » ε 15^m	Barnaud	II	335° 31′,6	1	350° 57′,5	3^h,9 S	15° 25′,9 E	15° 26′ E
θ 20° B 754^{mm} ε 20^m	de Bernardières	I	177 38,0	2 2 1	192 49,2 192 54,3 192 54,5	8,5 M 10,0 M 10,3 M	15 11,2 E 15 16,3 15 16,5	15 15 E
θ 23° B 711^{mm} ε 630^m	Barnaud	II	22 25,8	1 2	38 23,8 38 26,5	10,5 M 11,3 M	15 58,0 E 16 0,7	16 3 E
Idem	de Bernardières	I	20 15,6	1 2	36 18,2 36 20,7	11,0 M 11,9 M	16 2,6 E 16 5,1	
θ 19° B 710^{mm} ε 630^m	de Bernardières	I	20 15,6	2 1	36 26,4 36 26,6	7,6 M 7,8 M	16 10,8 E 16 11,0	16 11 E
θ 21° B 713^{mm} ε 630^m	de Bernardières	I	20 16,5	2 1 2 2	36 25,6 36 27,1 36 27,8 36 28,9	7,2 M 7,5 M 10,3 M 10,5 M	16 9,1 E 16 10,6 16 11,3 16 12,4	16 11 E
θ 24° B 696^{mm} ε 770^m	de Bernardières	I	179 23,9	1 2	196 11,5 196 11,5	4,7 S 5,1 S	16 47,6 E 16 47,6	16 48 E
θ 22° B 759^{mm} ε 140^m	de Bernardières	I	132 23,5	2 1	149 39,2 149 39,1	10,0 M 10,3 M	17 15,7 E 17 15,6	17 16 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES, NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL, ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Santiago (Chili)	1883 1er mars	Lat 33°26′ S Long $4^h52^m,10$	Prairie dans la Quinta Urmeneta, à 3000m dans l'Est de la place d'Armes Sommet du toit d'une quinta dans l'Est-Nord-Est 314° 59′ Terrain gazonné	Ciel découvert Légère brise de N-E
Santa-Rosa de los Andes (Chili)	7 mars	Lat 32°53′S [1] Long $4^h51^m,60$	Cerro à l'Ouest de la ville Clocher de la ville 173° 18′ Terrain rocheux	Ciel découvert Calme
Puente de l'Inca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53′S [2] Long $4^h49^m,10$	Pâturage à 400m dans l'Ouest de la Posada et sur la rive opposée du torrent, au centre d'une étroite vallée Terrain caillouteux, avec quelques herbes	Temps en parti couvert Petite brise, puis grand vent du N-O qui force à cesser les observ
Punta de la Vaca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53′S [3] Long $4^h48^m,60$	Pâturage à 200m dans le Nord de la Posada, à 300m dans l'Est du pied de la Cordillère Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d'O-N O à rafales Calme au coucher du Soleil
Mendoza (République Argentine)	12 mars	Lat 32°53′ S Long $4^h44^m,60$	Pâturage à 2000m dans l'Est-Sud-Est de la nouvelle ville Terrain gazonné et marécageux	Ciel découvert Presque calme
San Luis (République Argentine)	15 mars	Lat 33°18′ S Long $4^h34^m,70$	Champ à 150m dans le Sud de la gare Poteau du chemin de fer 167° 6′ Terrain cultivé	Ciel découvert Faible brise de N

(1) Une augmentation de 1′ dans la valeur numérique de la latitude entraînerait une diminution de 0′,6 dans la valeur numérique de la déclinaison du lieu

(2) Une augmentation de 1′ dans la valeur numérique de la latitude entraînerait une diminution de 0′,5 dans la valeur numérique de la déclinaison du lieu

(3) Une augmentation de 1′ dans la valeur numérique de la latitude entraînerait une augmentation de 0′,6 dans la valeur numérique de la déclinaison du lieu

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét.	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ 25° B 720mm ε 510m	de Bernardières	I	73°55',9	2 1	89°43',0 89 46,0	8h,8 M 9,8 M	15°47',1 E 15 50,1	15°49' E
θ 16° B 693mm ε 8[illegible]0m	de Bernardières	I	286 42,8	2 1	301 57,0 301 56,2	8,4 M 9,3 M	15 14,2 E 15 13,4	15,14 E
θ 10° B 550m ε 2780m	de Bernardières	I	134 35,0	2 1	149 30,2 149 31,0	7,5 M 9,0 M	14 55,2 E 14 56,0	14,56 E
θ 14° B 57[illegible]mm ε 2470m	de Bernardières	I	31 57,6	2 2 1	46 52,7 46 50,4 46 51,0	4,1 S 5,0 S 5,2 S	14 53,1 E 14 52,8 14 53,4	14,54 E
θ 22° B 702mm ε 711m	de Bernardières	I	251 28,7	2 2 1	266 4,6 266 7,2 266 7,2	10,0 M 10,8 M 11,2 M	14 35,9 E 14 38,5 14 38,5	14,38 E
θ 17° B 700mm ε 710m	de Bernardières	I	1 19,3	2	15 6,7	6,9 M	13 47,4 E	13 47 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rio Cuarto (République Argentine)	1883 15 mars	Lat 33°7′ N Long 4h26m,6 O	Enclos à 300m dans le Nord de la gare Poteau du chemin de fer 91° 3′ Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d[illegible]
Rosario (République Argentine)	16 mars	Lat 32°57′ N Long 4h11m,5 O	Prairie à 4000m dans le Sud de la ville et à la même distance de la rive du fleuve Parana Clocher d'une chapelle voisine 94° 46′ Terrain gazonné	Ciel découvert Petite brise de N[illegible]
Buenos-Ayres (République Argentine)	21 mars	Lat 34°36′ S Long 4h 2m,8 O	Prairie à 300m dans le Nord Est de l'École navale Église de la Recoleta 315° 27′ Mât de pavillon de l'École navale [illegible]9 54 Terrain gazonné	Beau temps Quelques nu[illegible] légers. Jolie brise d[illegible] [illegible]risées
	22 mars	Lat 34°37′ S Long 4h 2m,8 O	Prairie à 700m dans le Nord-Ouest de la Boca et dans le Sud-Est de la ville Flèche de la plus grosse tour d'une église à trois tours . 209° 21′ Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d[illegible]
	23 mars	Lat 34°35′ S Long 4h 2m,8 O	Prairie voisine de la route de Belgrano, à 5000m de la ville Paratonnerre d'un belvédère 171° 10′ Terrain gazonné	Ciel découvert Presque calme
Coquimbo (Chili)	1882 31 déc	Lat 29°57′ S Long 4h54m,8 O	Colline sablonneuse dans le Nord-Nord-Ouest de la ville de Coquimbo Fort de Coquimbo 74° 53′ Église de la Serena 106 20 Église de Coquimbo 221 13 Sémaphore de Coquimbo . . 343 15	Très beau temp[illegible] Petite brise de S[illegible]

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét.	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ. 20° B 722mm ε. 460m	de Bernardières	I	205° 11',8	2 1	217° 48',5 217 49,3	4h,3 S 4,5 S	12° 36',7 E 12 37,5	12° 37' E
θ 28° B 761mm ε. 50m	de Bernardières	I	254 10,5	2 2 1	264 47,4 264 49,1 264 48,2	1,4 S 2,0 S 2,4 S	10 36,9 E 10 38,6 10 37,7	10 38 E
θ 24° B » ε 15m	de Bernardières	I	59 40,0	2 2 1	69 09,6 69 13,3 69 13,6	8,6 M 9,7 M 10,1 M	9 29,6 E 9 33,3 9 33,6	9 32 E
θ. 26° B » ε 10m	de Bernardières	I	67 19,6	2 2 1	76 48,8 76 51,2 76 52,1	4,0 S 5,0 S 5,3 S	9 29,2 E 9 31,6 9 32,5	9 31 E.
θ 22° B » ε 20m	de Bernardières	I	60 25,8	2 2 1	69 49,6 69 52,3 69 51,8	9,1 M 10,1 M 10,0 M	9 23,8 E 9 26,5 9 26,0	9 26 E
θ 22° B » ε »	Favereau	II	225 3,7	2	239 24,4	4,2 S	14 20,7 E	14 21 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN		ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Caldera (Chili)	1883 2 janv.	Lat. 27° 5′ S. Long. 4h52m,8 O.	Un peu moins de 1000m dans l'Ouest de l'église Sémaphore Église Terrain sablonneux	 0° 24′ 124 42	Ciel couvert au début, dégagé à la fin des observations Calme au début, puis petite brise de S. O.
Taltal (Chili)	3 janv.	Lat. 25° 26′ S. Long. 4h51m,6 O.	A 2000m environ dans l'O. du milieu de la ville de Taltal Sémaphore Débarcadère (le plus au Sud) Terrain nu et sablonneux	 252° 30′ 73 52	Ciel nuageux au bord, puis couvert Calme au début, puis petite brise de S. O.
Antofogasta (Chili)	4 janv.	Lat. 23° 39′ S. Long. 4h51m,0 O.	Derrière la ville, à 200m ou 300m du cimetière Ancre peinte en blanc au sommet de la montagne et servant d'amer pour le mouillage Autre ancre peinte en blanc, près du cimetière Croix isolée, entourée de fanaux Terrain nu et sablonneux	 221° 44′ 247 38 323 13	Ciel en partie couvert Calme
Cobija (1) (Chili)	5 janv.	Lat. 22° 34′ S. Long. 4h50m,6 O.	Presqu'île dans l'Ouest de la ville Cimetière Église Sable et rocher	 39° 2′ 64 36	Très beau temps Calme
Arica (Pérou)	7 janv.	Lat. 18° 28′ S. Long. 4h50m,7 O.	Sur le flanc de la colline du Moro faisant face à la ville Mât de pavillon du fort du Moro Église d'Arica Mât de pavillon du consulat français Terrain sablonneux	 44° 15′ 99 50 103 24	Très beau temps Calme

(1) On ne conclut aucune valeur de la déclinaison à Cobija, parce que les résultats trouvés, surtout ceux de l'inclinaison observée en cette même sta

sons.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE		OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
					Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét.	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ B ε	22° » »	Favereau	II	220° 56',5	2	234° 39',3	9h,2 M	13° 42',8 E	13° 43' E
θ B ε	23° » »	Favereau	II	143 14,4	2	155 45,6	9,2 M	12 31,2 E	12 31 E
θ B ε	23° » 40m	Favereau	II	340 6,7	2	351 35,4	9,2 M	11 28,7 E	11 29 E
θ B ε	21° » 6m	Favereau	II	135 22,4	2	146 19,7	8,2 M	10 57,3 E	»
θ B ε	28° » 50m	Favereau	II	255 59,0	2	265 59,0	9,2 M	10 00,0 E	10 00 E

ont croire à une influence magnétique locale

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Chala (Pérou)	1883 8 janv	Lat 15°52′ S Long 5h 6m,3 O	A 500m dans le Nord-Nord-Est du centre de la ville Extrémité du débarcadère 172° 53′ Croix sur une colline 282 48 Cimetière 326 42 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie couvert Calme
Le Callao (Pérou)	29 janv	Lat 12° 4′ S Long 5h17m,9 O	Sur la presqu'île sablonneuse située au Sud-Ouest du Callao et appelée *la Punta* Phare de San-Lorenzo 219° 4′ Phare du petit port militaire 352 22 Église du Callao. 359 29	Temps un peu brumeux Calme
			A 80m dans le Nord-Ouest de la première position	Idem
Chorrillos (Pérou)	1er févr	Lat 12°11′ S Long 5h17m,4 O	Au sommet de la colline située dans le Sud de la ville de Chorrillos Église du Callao 140° 14′ Cabane méridienne 166 2 Caserne de Chorrillos 237 44 Gare de Chorrillos 247 21 Terrain nu	Beau temps Assez fraîche brise de S.-O.
			A 40m dans le Sud de la première position	Idem
Eten (Pérou)	6 févr	Lat 6°56′ S Long 5h30m,1 O	Falaises de sable qui bordent le rivage Église du village de Monsefu 319° 43′ Mât de pavillon à l'extrémité du warf 176 49 Centre de la cheminée d'une usine voisine 339 55	Ciel découvert Petite brise de S. O
Payta (Pérou)	7 févr	Lat 5°5′ S Long 5h33m,7 O	Collines de sable au-dessus de la ville Église (clocher de droite, faisant face à la mer) 58° 52′ Croix de la Mission sur le chemin de Piura 240 2	Ciel découvert Presque calme

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ 25° B » ε 20m	Favereau	II	115° 26',8	2	125° 50',3	4h,4 S	10° 23',5 E	10° 23' E
θ 25° B » ε 3m	Favereau	II	121 52,1	2	131 51,1	3,8 S	9 59,0 E	9 58 E
Idem	Favereau.	II	33 33,7	2	43 30,7	5,2 S	9 57,0 E	
θ 24° B » ε 60m	Favereau	II	6 10,0	2	15 57,0	5,8 S	9 47,0 E	9 45 E
Idem	Favereau	II	222 44,0	2	232 26,0	6,3 S	9 42,0 E	
θ 24° B » ε 15m	Barnaud	II	144 44,4	2	154 37,7	9,7 M	9 53,3 E	9 53 E
θ 26° B » ε 15m	Barnaud	II	90 43,0	2	98 57,0	11,5 M	8 14,0 E	8 14 E

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Panama (Colombie)	1883 22 févr	Lat 8°57′ N Long $5^h27^m,4$ O	Promenade qui borde le rivage au Sud-Est de la cathédrale Ile Ronde (sommet) 232°30′	Ciel découvert Presque calme
Porto-Cabello (Venezuela)	6 mars	Lat 10°29′ N Long $4^h41',4$	Plage de sable s'étendant à droite avant d'entrer dans le port, à 10^m de la mer Phare 35° 8′ Tour de l'église 50 19	Ciel découvert Faible brise
La Guayra (Venezuela)	7 mars	Lat 10°36′ N Long $4^h37^m,1$ O	Sur le bord de la mer, à Macuto, village situé à 6^{km} dans l'Est de la Guayra Pointe de droite fermant la petite baie 59°27′	Ciel un peu couvert Faible brise
Fort-de-France (Martinique)	10 mars	Lat 14°36′ N Long $4^h13^m,6$ O	Flancs de la colline qui domine le parc à charbon de la Compagnie Transatlantique Pointe Norlay (crique Est du carénage) 93°53′	Ciel couvert Temps orageux
Pointe à Pitre (Guadeloupe)	11 mars	Lat 16°13′ N Long $4^h15^m,4$ O	Hauteurs au-dessus de l'usine d'Arbousier Mont Trou aux Chiens (sommet) 79° 3′ Extrémité Est de l'île à Auger 118 57	Ciel assez couvert Grains de l'E
Parc de Saint-Maur [1] (France)	2 juin	Lat 48°48′ N Long $0^h00^m,2$ E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 308°15′ Terrain gazonné	Ciel couvert Jolie brise de N
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25^m dans le Sud du pilier extérieur du Nord-Est	Temps très nuageux. Jolie brise de N

[1] Toutes les observations qui suivent peuvent être ramenées à une heure quelconque au moyen des indications de l'appareil enregistreur installé dans les

sons

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
				Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ 27° B » ε 0m	Barnaud	II	32° 20′,7	2	37° 23′,1	9h,0 M	5° 2′,4 E	5° 2′ E
θ 25° B » ε 0m	Barnaud	II	22 38,6	1 2	25 23,7	10,0 M	2 45,1 E	2 45 E
θ 24° B » ε 0m	Barnaud	II	5 25,1	2	7 53,7	10,0 M	2 28,6 E	2 29 E
θ 23° B. » ε 15m	Barnaud	II	108 16,5	2	108 9,1	10,3 M	0 7,4 O	0 7 O
θ 23° B. » ε 10m	Barnaud	II	232 38,1	2	231 56,3	8,8 M	0 41,8 O	0 42 O
θ. 20° B. 759mm ε. 50m	de Bernardières	I	309 54,7	2 1	293 28,4 293 28,5	10,4 M 11,4 M	16.26,3 O 16 26,2	16,26 O.
θ 21° B 759mm ε 50m	Barnaud	II	208 38,8	1 2	192.14,2 192.12,8	11,0 M 11,7 M	16 24,6 O 16 26,0	

…aves de l'observatoire magnétique

B. 15

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Parc de Saint-Maur (France), [suite]	1883 2 juin (suite)	Lat 48°48′ N Long 0h00m,[illegible] E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25m dans le Sud du pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 308° 13′	Ciel couvert Faible brise de N.-E.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25m du pilier extérieur le plus Ouest, dans l'alignement de ce pilier et d'une fenêtre de la caserne du fort de Nogent Fenêtre de la caserne du fort de Nogent 198° 8′	Temps nuageux Faible brise de N.-N.-E.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 309° 4′	Ciel nuageux Faible brise de S.-O.
	5 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, à 25m du pilier extérieur le plus Ouest, dans l'alignement de ce pilier et d'une fenêtre de la caserne du fort de Nogent. Fenêtre de la caserne du fort de Nogent 201° 0′	Ciel en partie nuageux Faible brise de S.-O.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la Mairie de Nogent 309° 1?′	Ciel très couvert Faible brise de N.-N.-O.
Montsouris [1] (Paris) (France)	10 juill	Lat 48° 49′ N Long 0h00m,0 O	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 224° 19′ Terrain gazonné	Temps couvert et orageux Très faible brise de N.
	12 juill	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 219° 20′ Terrain gazonné	Très couvert Une heure après les observ., violent tourbillon avec ondées Bonne brise de S.-O.
	12 août	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 357° 58′ » 357 59	Temps brumeux Ciel voilé Très faible brise de S.-S.-O.

[1] La pose des tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan a été complètement achevée entre les observations de 1882 et celles de 1883.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE		OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	RELÈVEMENTS du nord vrai	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			DÉCLINAISONS	
					Numéro de l'aiguille	Relèvements du nord magnét.	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ B ε	22° 758mm 50m	de Bernardières	I	309° 53',3	2	293° 23',9	2h,4 S	16° 29',4 O	16° 29' O
θ B ε	22° 759mm 50m	Favereau	II	308 32,9	2	192 3,9	2,7 S	16 29,0 O	
θ B ε	25° 751mm 50m	de Bernardières	I	310 44,3	2 1 2	294 22,4 294 22,8 294 23,[illegible]	9,6 M 11,0 M 11,2 M	16 21,9 O 16 21,5 16 21,1	16 22 O
θ B ε	25° 751mm 50m	Favereau	II	311 24,5	2 1	195 1,0 195 2,8	10,3 M 10,8 M	16 23,5 O 16 21,7	
θ B ε	26° 751mm 50m	de Bernardières	I	310 52,0	2 1	294 31,5 294 31,5	2,7 S 2,9 S	16 20,5 O 16 20,5	16 21 O
θ B ε	17° 754mm 85m	de Bernardières	I	209 7,6	2 2	192 44,5 192 46,0	8,2 M 8,6 M	16 23,1 O. 16 21,6	16 22 O
θ B ε	25° 746mm 85m	de Bernardières	I	204 7,8	2	187 44,8	4,0 S	16 23,0 O	16 23 O
θ B ε	17° 761mm 85m	de Bernardières	II II I	342 46,0 342 47,0 342 47,0	2 2 1	326 19,3 326 18,2 326 18,4	9,1 M 10,2 M 10,4 M	16 26,7 O 16 28,8 16 28,6	16 28 O

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU. RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Montsouris (1), Paris (France)	1882 18 mai	Lat 48°49' N Long 0h0m,0	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Ciel découvert Grande brise d'E
	27 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Ciel très nuageux Petite brise de S
	29 mai	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Ciel couvert. Faible brise de N
	1er juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Beau temps. Légère brume Jolie brise de N.-E
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Idem.
	2 juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Beau temps Légère brume
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35m dans l'Ouest du pilier destiné aux observations magnétiques	Idem.
	3 juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications. Terrain gazonné	Temps couvert Petite brise d'E.
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications	Idem.
		Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications	Idem
	5 juin	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications	Très nuageux. Jolie brise d'O-S-O

(1) Le travail de la pose de gros tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan était en voie d'exécution

(2) Cet instrument, en service depuis de longues années et analogue à la boussole de Gambey, a été employé au début pour contrôler les indications de

(3) Employé la méthode des plans perpendiculaires

…URE …biant BAROM…E	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES Relèvements du nord magnét	Numero de l'aiguille	Heures, t m local, correspondantes	INCLINAISONS Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
15° 61mm 85m	de Bernardières	Boussole d'inclinaison de Brunner (*)	»	1	4h,3 S	65° 25',1 N	65° 25' N
20° 60mm 85m	de Bernardières	Boussole d'inclinaison de Brunner (*)	»	1	9,4 M	65 29,1 N	65 29 N
16° 63mm 85m	Favereau	III	»	1	9,7 M	65 28,7 N	65 29 N
16° 59mm 85m	Favereau	III	»	2	9,2 M	65 29,7 N	65 29 N
	Favereau	III	»	1	10,3 M	65 27,4 N	
19° 55mm 85m	Favereau	III	»	1	9,5 M	65 27,8 N	65 28 N
	Favereau	III	»	1	10,3 M	65 29,0 N	
19° [illegible]1mm 85m	de Bernardières	Boussole d'inclinaison de Brunner (*)	»	1	10,9 M	65 27,8 N	65 28 N.
	Favereau	III	»	1	8,3 M	65 32,1 (?) N	
	Favereau	III	»	1	10,2 M	65 27,4 N	
18° [illegible]6mm 85m	Favereau	III	»	1	11,2 M	65 29,3 N.	65 29 N

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE	TEMPÉ[RATURE] de l'air HAUTEUR [...] ALTI[TUDE]
Parc de Saint-Maur (France)	1882 26 juin	Lat 48°48′ N Long 0^{h}0^m,2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Ciel très nuageux Petite brise de S.-O.	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise de S.-S.-O.	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est. Terrain gazonné	Ciel très nuageux Petite brise de S.-O.	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps couvert Petite brise de S.-O.	θ B ε
	27 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise d'O.	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps couvert Petite brise de S.-O.	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise d'O.	θ B ε
Porto-Grande, Saint-Vincent (¹) (Iles du cap Vert)	24 juillet	Lat 16°53′ N Long 1^{h}49^m,3 O	Plaine à environ 800^m dans le Sud-Est du débarcadère. Mât de pavillon du fort 344°48′. Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Temps en partie couvert Petite brise d'E.	θ B ε
			A 75^m dans le Nord-Nord-Est de l'instrument n° 1.	Idem	Ide[m]
			A 195^m dans le Nord-Ouest de la position précédente	Idem	Ide[m]

(¹) Ile volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ 21° B 757mm ε 50m	de Bernardières	I	»	2	4h,8 S	65° 20',0 N	»
θ 20° B 758mm ε 50m	Favereau	III	»	1	11,0 M	65 25,2 N	65° 25' N
θ 21° B 757mm ε 50m	Favereau	III	»	1	4,5 S	65 24,5 N	65 24 N
θ 18° B 763mm ε 50m	de Bernardières	I	»	2	11,7 M	65 19,0 N	»
θ 19° B 763mm ε 50m	de Bernardières	I	»	2	2,3 S	65 35,0 N	»
θ 17° B 763mm ε 50m	Favereau	III	»	1	10,2 M	65 25,2 N	65 25 N
θ 19° B 763mm ε 50m	Favereau	III	»	1	1,7 S	65 25,7 N	65 26 N
θ 26° B 761mm ε 5m	de Bernardières	I	189° 5[illegible]'	2	1,6 S	43 40,0 N	»
Idem	Favereau	III	»	1	0,6 S	42 41,7 N	»
Idem	Favereau	III	»	1	2,6 S	41 47,9 N	»

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rio de Janeiro (Brésil)	1882 3 août	Lat 22°54′ S Long 3h2m,0 O	Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mât de signaux près de l'observatoire 324° 41′ Milieu du Pain de Sucre 6 12 Terrain boisé, non défriché.	Alternat de temps clair et de ciel nuageux. Presque calme
			A 35m dans le Nord-Ouest de l'instrument nº 1	Idem
Montevideo (Uruguay)	7 août	Lat 34°53′ S Long 3h54m,2 O	Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage Tour Sud-Est de la cathédrale 114° 6′ Phare (sommet du fort du Cerro) 192 6 Terrain sablonneux, quelques herbes	Ciel découvert Petite brise de S O
			A 60m dans le Nord-Est de l'instrument nº 1	Idem
Talcahuano (Chili)	19 août	Lat 36°42′ S Long 5h1m,7 O	Colline au-dessus de la gare du chemin de fer et à 500m de cette gare Clocher de l'église 332° 25′ Mât de pavillon de l'hôpital 346 32 Terrain gazonné avec quelques arbustes.	Temps en partie couv., Soleil à de rares intervalles. Presque calme
			A 50m environ de l'instrument nº 1 Instrument nº 1 358° 43′ Mât de pavillon de l'hôpital 178 58	Idem.
Santiago (Chili)	30 août	Lat 33°26′ S Long 4h52m,1 O	Quinta normale d'Agriculture, rond point dans la partie Nord du parc Terrain sablonneux.	Temps couvert Calme.
			A une trentaine de mètres de l'instrument nº 1.	Idem
	1883 1er mars	Idem	Prairie dans la Quinta Urmenata, à 3000m dans l'Est de la place d'Armes Sommet du toit d'une Quinta dans l'Est-Nord-Est 314° 59′ Terrain gazonné	Ciel découvert Légère brise de N.-E.

…TURE …biant …BAROM …DE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'Instrument	OBSERVATIONS MAGNETIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnet	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées.
21° 769mm 40m	de Bernardières	I	39° 18′	2	11,0h M	11° 48′,0 S	12° 00′ S
m	Favereau	III	»	1	10,1 M	11 59,8 S	
18° 761mm 3m	de Bernardières	I	305 35	2	4,8 S	29 26,0 S	29 20 S.
m	Favereau	III	»	1	4,2 S	29 19,7 S	
17° 766mm 50m	de Bernardières	I	21 47	2	1,5 S	37 43,0 S	37 58 S
	Favereau	III	»	1	0,6 S	37 52,9 S	
m	Favereau	III	»	2	1,4 S	38 03,3 S	
16° » 520m	de Bernardières	I	321 20	2	11,4 M	33 16,0 S.	33 27 S
m	Favereau	III	»	2	10,0 M	33 27,2 S.	
25° 740mm 510m	de Bernardières	I	89 46	2	10,1 M.	33.47,0 S	33 47 S

16

B.

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES. NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Cerro-Negro, San Bernardo (Chili).	1882 14 oct	Lat 33°36′ S Long 4h52m,1 O	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du N Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du N	Idem
	23 oct	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro. 15[illegible]	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S	Idem.
	26 nov	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du N Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 23′	Temps couvert et orageux Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du N	Idem
Angol, Araucanie (Chili)	1883 10 février	Lat 37°48′ S Long 5h0m,4 O	Monticule à 500m dans le Nord-Est de l'église Clocher de l'église de la ville 190° 46′ Sommet de la gare du chemin de fer 191 43 Terrain cultivé	Ciel découvert Jolie brise de S E allant en fraîchissant
Valparaiso (Chili)	2 février	Lat 33°1′ S Long 4h55m,7 O	Falaise dans le Nord-Ouest du cerro de l'Artillerie, à 1000m dans l'Est du phare Phare 345° 15′ Terrain sablonneux, avec quelques herbes	Temps découvert Fraîche brise de N O
Santa Rosa de los Andes (Chili)	7 mars	Lat 32°53′ S Long 4h51m,6 O	Cerro à l'Ouest de la ville Clocher de la ville 173° 18′ Terrain rocheux	Ciel découvert. Calme
Punta de la Vaca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53′ S. Long 4h48m,6 O	Pâturage à 200m dans le Nord de la Posada, à 300m dans l'Est du pied de la Cordillère Terrain gazonné	Ciel découvert. Jolie brise d'O N O à rafales
Mendoza (République Argentine)	12 mars	Lat 32°53′ S Long 4h44m,6 O	Pâturage à 2000m dans l'Est-Sud-Est de la nouvelle ville Terrain gazonné et marécageux.	Ciel découvert. Presque calme

ons.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ 19° B 710^{mm} ε 630^{m}	Favereau	III	° ′ »	1	h 7,5 M	33° 48′,5 S	33° 46′ S
Idem	Favereau	III	»	2	10,2 M	33 42,5 S	
θ 19° B 710^{mm} ε 630^{m}	de Bernardières	I	36 27	2	10,2 M	33 58,0 S	33 49 S
Idem	Favereau	III	»	1	10,5 M	33 49,3 S	
θ 21° B 713^{mm} ε 630^{m}	de Bernardières	I	36 27	2	9,3 M	33 55,0 S	33 48 S
Idem	Favereau	III	»	1	9,0 M	33 48,3 S	
θ 22° B 759^{mm} ε 140^{m}	de Bernardières	I	149 39	2	0,1 S	38 53,0 S	38 53 S
θ 20° B 754^{mm} ε 20^{m}	de Bernardières	I	192 52	2	9,0 M	33 41,0 S	33 41 S
θ 16° B 693^{mm} ε 820^{m}	de Bernardières	I	301 56	2	9,5 M	33 9,0 S	33 9 S
θ 14° B 572^{mm} ε 2470^{m}	de Bernardières	I	46 53	2	4,4 S.	32 24,0 S	32 24 S
θ 22° B 702^{mm} ε 711^{m}	de Bernardières	I	266 5	2	10,3 M	32 28,0 S	32 28 S

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rosario (République Argentine)	1883 16 mars	Lat 32°57′ S Long 4h11m,5 O	Prairie à 4000m dans le Sud de la ville et à la même distance de la rive du fleuve Parana Clocher d'une chapelle voisine 94°46′ Terrain gazonné	Ciel découvert Petite brise de N -E
Buenos-Ayres (République Argentine)	21 mars	Lat 34°36′ S Long 4h2m,8 O	Prairie à 300m dans le Nord-Est de l'École navale Église de la Recoleta 315°57′ Mât de pavillon de l'École navale 229 54 Terrain gazonné	Beau temps, qq légers nuages Jolie brise d'E par risées
	22 mars	Lat 34°37′ S Long 4h2m,8 O	Prairie à 700m dans le Nord-Ouest de la Boca et dans le Sud-Est de la ville Flèche de la plus grosse tour d'une église à trois tours 209°21′ Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d'O
	23 mars	Lat 34°35′ S Long 4h2m,8 O	Prairie voisine de la route de Belgrano, à 5000m de la ville Paratonnerre d'un belvédère 171°10′ Terrain gazonné	Ciel découvert Presque calme
Coquimbo (Chili)	1882 31 déc	Lat 29°57′ S Long 4h54m,8 O	Colline sablonneuse, dans le Nord-Nord-Ouest de la ville de Coquimbo Fort de Coquimbo 74°53′ Église de Coquimbo 221 13	Très beau temps Petite brise de S -O
Huasco (Chili)	1883 1er janv	Lat 28°27′ S Long 4h54m,3 O	A 400m dans le Sud-Ouest de la ville	Très beau temps Petite brise de S -O
			A 35m dans l'Ouest de la première position	Idem
Caldera (Chili)	2 janvier	Lat 27°5′ S Long 4h52m,8 O	Un peu moins de 1000m dans l'Ouest de l'église Sémaphore 0°24′ Église 124 42 Terrain sablonneux	Ciel couvert au début, dégagé à la fin des observations Calme au début, puis petite brise de S -O

Température de l'air ambiant (θ) Hauteur du barom. (B) Altitude (ε)	Observateurs	Numéro de l'instrument	Observations magnétiques: Relèvements du nord magnét.	Observations magnétiques: Numéro de l'aiguille	Observations magnétiques: Heures, t. m. local, correspondantes	Inclinaisons: Valeurs trouvées	Inclinaisons: Valeurs adoptées
θ 28° B 761mm ε 50m	de Bernardières	I	264° 47′	2	1h,6 S	27° 47′,0 S	27° 47′ S
θ 24° B » ε 15m	de Bernardières	I	69 10	2	9,0 M	29 30,0 S	
θ 26° B » ε 10m	de Bernardières	I	76 49	2	4,3 S	29 51,0 S	29 46 S
θ 22° B » ε 20m	de Bernardières	I	69 50	2	9,3 M	29 57,0 S	
θ 22° B » ε »	Favereau	III	239 24	1	4,8 S	29 24,1 S	29 24 S
θ 21° B » ε »	Favereau	III	»	1	8,3 M	27 46,0 S	27 45 S
»	Favereau	III	»	1	8,9 M	27 43,6 S	
θ 22° B » ε »	Favereau	III	234 39	1	7,6 M	25 23,5 S	25 24 S

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Taltal (Chili)	1883 3 janvier	Lat 25°26′ S Long 4h51m,6 O	A 2000m environ dans l'O du milieu de la ville de Taltal Sémaphore 252° 30′ Débarcadère (le plus au Sud) 73 52 Terrain nu et sablonneux	Ciel nuageux d'abord, puis découvert Calme au début, puis petite brise de S.-O
Antofogasta (Chili)	4 janvier	Lat 23°39′ S Long 4h51m,0 O	Derrière la ville, à 200m ou 300m du cimetière Ancre peinte au haut de la montagne 221° 44′ Autre ancre près du cimetière 247 38 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie couvert Calme
Cobija (1) (Chili)	5 janvier	Lat 22°34′ S Long 4h50m,6 O	Presqu'île dans l'Ouest de la ville Cimetière 39° [illegible]′ Eglise 64 36 Sable et rocher	Très beau temps Calme
Iquique (Chili)	6 janvier	Lat 20°12′ S Long 4h50m,1 O	A la pointe extrême de l'Ilot du phare Phare 194° 53′ Mât de signaux 202 16	Très beau temps Calme
			Deuxième station à 250m dans le Nord de la première	Idem
Arica (Pérou)	7 janvier	Lat 18°28′ S Long 4h50m,7 O.	Sur le flanc de la colline du Moro faisant face à la ville Mât de pavillon du fort du Moro 44° 15′ Eglise d'Arica 99 50 Terrain sablonneux	Très beau temps Calme
Chala (Pérou)	8 janvier	Lat 15°52′ S Long 5h6m,3 O	A 500m dans le Nord-Nord-Est du centre de la ville Extrémité du débarcadère 172° 53′ Cimetière 326 41 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie couvert Calme

(1) On ne conclut aucune inclinaison pour Cobija, parce que la comparaison de la valeur trouvée à celle de la série fait croire à une influence magnétique locale

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ 23° B » ε »	Favereau	III	155° 46′	1	7,7 M	22° 52′,7 S	22° 53′ S
θ 23° B » ε 40m	Favereau	III	301 35	1	8,2 M	20 53,4 S	20 53 S
θ 21° B » ε 6m	Favereau	III	146.20	1	7,2 M	21 17,8 S	»
θ 24° B » ε 1m	Favereau	III	112.37	1	7,7 M	15 33 4 S	15 35 S
Idem	Favereau	III	»	1	10,8 M	15 37,2 S	
θ 26° B » ε 50m	Favereau	III	265.59	1	8,0 M	12 46,5 S	12 46 S
θ 25° B » ε 20m	Favereau	III	125 50	1	5,4 S	11.28,9 S	11 29 S

In[illegible]ons.

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.	TEMPÉR[illegible] de l'air à [illegible] HAUTEUR D[illegible] ALTIT[illegible]
Chorrillos (Pérou)	1883 1er février	Lat 12°11′ S Long 5h17m,4 O	Au sommet de la colline située dans le Sud de la ville de Chorrillos Eglise du Callao 140° 14′ Gare de Chorrillos 247 21 Terrain nu	Beau temps Assez fraîche brise de S-O	θ B ε
Le Callao (Pérou)	29 janv	Lat 12°4′ S Long 5h17m,9 O	Sur la presqu'île sablonneuse située au Sud-Ouest du Callao et appelée *la Punta* Phare de San-Lorenzo 219° 4′ Eglise du Callao 359 29	Temps un peu brumeux Calme	θ B ε
Parc de Saint-Maur (1) (France)	2 juin	Lat 48°48′ N Long 0h0m,2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 308° 13′	Ciel couvert Faible brise de N-E	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Nord, pilier du Nord-Est	Idem	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est	Idem	Idem
	5 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 309° 4′	Ciel nuageux Faible brise de S-O	θ B ε
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est Paratonnerre de la mairie de Nogent 309° 12′	Ciel très couvert Faible brise de N-N-O	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Nord, pilier du Nord-Est	Idem	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Ciel nuageux Petite brise de N-N-O	θ B ε

(1) Toutes les observations qui suivent peuvent être ramenées à une heure quelconque, au moyen des indications de l'appareil enregistreur installé dans les [illegible]taires de l'Ob[illegible]

B.

…ATURE ambiant DU BAROM …TUDE.	OBSERVATEURS	NUMERO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES Relèvements du nord magnét.	Numero de l'aiguille	Heures t. m. local, correspondantes	INCLINAISONS Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
24° » 60m	Favereau	III	15°57'	1	6h,7 S	6°30',1 S	6°30' S
25° » 3m	Favereau	III	131 51	1	4,7 S	6 00,0 S	6 00 S
22° 758mm 50m	de Bernardières	I	293 38	2	2,0 S	65 11,0 N	
22° 758mm 50m	de Bernardières	I	»	2	3,4 S	65 29,0 N	65 27 N
m	Favereau	III	»	2	4,1 S	65 26,7 N	
26° 751mm 50m	de Bernardières	I	294 23	2	11,3 M	65 30,0 N.	
em	de Bernardières	I	294 32	2	1,8 S	65 27,0 N	
			»	1	2,0 S	65 22,5 N.	65 22 N
m	Favereau	III					
			»	2	2,8 S	65 22,2 N	
27° 749mm 50m	de Bernardières	I	»	2	4,2 S	65 18,0 N	

Observatoire magnétique

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Parc de Saint-Maur (France) [suite]	1883 27 juillet	Lat 48°48′ N Long 0ʰ0ᵐ,2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Nord, pilier du Nord-Est	Ciel nuageux Petite brise de N O.
Montsouris (¹), **Paris** (France)	12 juillet	Lat 48°49′ N Long 0ʰ0ᵐ,0	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 30ᵐ dans l'Ouest du pilier des fortifications Terrain gazonné	Temps couvert et orageux Bonne brise de S -O
	24 juillet	Idem	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, sur le pilier magnétique	Couvert Faible brise de S -O
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, sur le pilier magnétique	Idem

(¹) La pose des tuyaux de fonte sur le boulevard Jourdan a été complètement achevé entre les observations de 1882 et celles de 1883
(²) Instrument déjà employé à Montsouris en 1882 (*voir* p 476) Les observations de ce jour ont eu pour but de comparer les résultats fournis par la
(³) Instrument à peu près semblable au précédent

ns

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes.	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
		Boussole d'inclinaison de Brunner ([2])	»	1	$10^h,3$ M	65° 30',0 N	65° 30' N
		III	»	1	11,4 M	65 24,4 N	65 24 N
		III	»	2	11,9 M	65 28,4 N	65 28 N
θ 18° B 760^{mm} ε 50^{m}	Favereau	III	»	1	1,4 S	65 23,3 N	65 23 N
		III	»	2	1,9 S	65 26,2 N	65 26 N
		Boussole d'inclinaison de Brunner ([2])	»	1	2,7 S	65 26,8 N	65 27 N
		Boussole de Brunner petit modèle	»	1	3,8 S	65 16,7 N	65 17 N
		Boussole de Brunner grand modèle ([3])	»	1	5,2 S	65 22,9 N	65 23 N
θ 25° B 746^{mm} ε 85^{m}	de Bernardières	I	»	2	4,5 S	65 37,0 N.	»
θ 16° B 750^{mm} ε 85^{m}	Favereau	Boussole d'inclinaison de Brunner ([2])	»	1	9,0 M	65 29,2 N	65 27 N
Idem	Favereau	III	»	1	10,7 M	65 23,9 N	

...ussole III à ceux d'autres instruments en usage dans les Observatoires de Montsouris et de Saint-Maur

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Montsouris, Paris (France) [suite]	1883 12 août	Lat 48°49′ N Long 0^{h}00^m,0	Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 357° 58′ Terrain gazonné	Temps brumeux, ciel voilé Très faible brise de S.-S.-O.
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, pilier des fortifications Flèche de la coupole du Panthéon 357° 58′	Idem
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35^m dans l'Ouest du pilier Terrain gazonné	Idem
			Escarpe du bastion 82, dans le Sud du parc de Montsouris, à 35^m dans l'Ouest du pilier	Idem

ons

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INCLINAISONS	
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs trouvées	Valeurs adoptées
θ . 17° B . 761^{mm} ε . . 85^{m}	de Bernardières	I	326° 19′	2	9^{h},5 M	65° 28′,0 N	65° 30′ N
Idem	de Bernardières	I	326 19	2	9,9 M	65 18,0 N	
Idem	Favereau	III	»	1	9,4 M	65 28,2 N	
Idem	Favereau	III	»	2	9,8 M	65 31,3 N	

INTENSITÉS HORIZONTALES DE

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Parc de Saint-Maur (France)	1882 26 juin	Lat 48°48′ N Long 0h 0m,2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Ciel nuageux Faible brise de S.-S.-O
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps très couvert Petite brise de S.-O
	27 juin	Idem	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps couvert Petite brise de S.-O
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pavillon magnétique du Sud, pilier du Nord-Est	Temps nuageux Faible brise d'O
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest	Idem
Lisbonne (Portugal)	19 juillet	Lat 38°43′ N Long 0h 45m,70	Colline à 200m dans le Nord du cimetière de l'Ouest, à 1500m dans l'Est-Nord-Est de l'Observatoire royal Croix de l'église du cimetière 168° 47′ Croix d'un monument dans le Nord du palais d'Ajuda 233 53 Terrain labouré	Très beau temps Faible brise de N

TEMPÉRATURE de l'air ambiant / HAUTEUR DU BAROM. / ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES: Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	INTENSITÉS HORIZONTALES: Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
θ 20° B 758mm ε 50m	de Bernardières	I	»	1	11h,8 M	0,1949	»	0,1949
θ 21° B 758mm ε 50m	Faverеau	IV	»	1	3,0 S	»	0,1931	
			»	2	3,3 S	»	0,1951	0,1947
θ 21° B 757mm ε 50m	de Bernardières	I	»	1	3,5 S	0,1947	»	
θ 18° B 763mm ε 50m	de Bernardières	I	»	1	10,3 M	0,1943	»	
Idem.	Faverеau	IV	»	1	10,6 M	»	0,1940	0,1943
				2	10,8 M	»	0,1934	
θ 19° B 763mm ε 50m	de Bernardières	I	»	1	3,2 S	0,1943	»	
Idem	Faverеau	IV	»	1	3,0 S	»	0,1941	0,1943
			»	2	3,2 S	»	0,1938	
θ 22° B 765mm ε 25m	de Bernardières	I	147,00	1	9,6 M	»	0,2272	0,2272

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Porto-Grande, Saint-Vincent (¹) (îles du cap Vert)	1882 24 juillet	Lat 16°53′ N Long 1h49m,3 O	Plaine à environ 800m dans le Sud-Est du débarcadère Mât de pavillon du fort 344°48′ Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Temps en partie couvert Petite brise d'E
			A 75m dans le Nord-Nord-Est de l'instrument n° 1	Idem
			A 195m dans le Nord-Ouest de la position précédente Terrain sablonneux, planté d'arbustes	Idem
Rio de Janeiro (Brésil)	3 août	Lat 22°54′ S Long 3h2m,0 O	Colline en dehors de la ville et dans l'Ouest Mâts de signaux près de l'observatoire 324°41′ Milieu du Pain de Sucre 6 12 Terrain boisé, non défriché	Alternatives de temps clair et de ciel nuageux Presque calme
			A 35m dans le Nord-Ouest de l'instrument n° 1	Idem
Montevideo (Uruguay)	7 août	Lat 34°53′ S Long 3h54m,2 O	Fond de la baie de Montevideo, entre le chemin de fer del Norte et la plage Tour Sud-Est de la cathédrale 114°6′ Phare (sommet du fort du Cerro) 193 6 Terrain sablonneux, quelques herbes	Ciel découvert Jolie brise de S-O
			A 60m dans le Nord-Est de l'instrument n° 1	Idem
Talcahuano (Chili)	19 août	Lat 36°42′ S Long 5h1m,7 O	Colline au-dessus de la gare du chemin de fer et à 500m de cette gare Clocher de l'église 332°25′ Mât de pavillon de l'hôpital 346 32 Terrain gazonné, avec quelques arbustes	Temps en partie couvert Soleil à de rares intervalles Presque calme
			A 50m de l'instrument n° 1	Idem

(¹) Ile volcanique. Les valeurs trouvées sont spéciales au lieu même où les observations ont été effectuées.

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
26° 761mm 5m	de Bernardières	I	189° 35'	1	0h,7 S	0,2838	»	»
Idem	Favereau	IV	»	1	1,0 S	»	0,2820	»
				2	1,2 S	»	0,2817	»
Idem	Favereau	IV	»	1	1,6 S	»	0,2827	»
20° 769mm 40m	de Bernardières	I	39 18	1	10,6 M	0,2592	»	
Idem	Favereau	IV	»	1	10,0 M	»	0,2608	0,2592
				2	10,3 M	»	0,2603	
18° 761mm 3m	de Bernardières	I	305 35	1	4,2 S	0,2636	»	0,2636
Idem	Favereau	IV	»	1	»	»	0,2655	
17° 766mm 50m	de Bernardières	I	21 47	1	1,5 S.	0,2793	»	
Idem	Favereau	IV	»	1	2,2 S	»	0,2811	0,2793
				2	2,5 S	»	0,2810	

Intensités horizontales de

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Santiago (Chili)	1882 30 août	Lat 33° 26′ S Long $4^h 52^m,1$ O	Quinta normale d'Agriculture, rond-point dans la partie Nord du parc Terrain sablonneux	Temps couvert Calme
			A une trentaine de mètres de l'instrument n° 1	Idem
	1883 1er mars	Idem	Prairie à 3000m dans l'Est de la place d'Armes, Quinta Urmeneta Sommet du toit d'une Quinta dans l'Est-Nord-Est 314° 59′ Terrain gazonné	Ciel découvert Légère brise de N.-E
Cerro-Negro, San Bernardo (Chili)	1882 16 oct	Lat 33° 36′ S Long $4^h 52^m,1$ O	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22′ Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro Position fixe de l'instrument	Idem.
	23 oct	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22′ Prairie avec de hautes herbes	Ciel découvert Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro Position fixe de l'instrument	Idem
	26 nov	Idem	Observatoire magnétique du Cerro-Negro, pilier du S Pointe du toit de la casa du Cerro-Negro 155° 22′ Prairie avec de hautes herbes	Temps couvert et orageux Calme
			Observatoire magnétique du Cerro-Negro Position fixe de l'instrument	Idem

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	INTENSITÉS HORIZONTALES Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
θ . 15° B » ε . 520m	de Bernardières	I	321° 25'	1	10h,6 M	0,2778	»	
Idem	Favereau	IV	»	1 2 1 2 1 2	9,0 9,3 9,8 10,0 10,4 10,6	» » » » » »	0,2780 0,2786 0,2791 0,2783 0,2777 0,2783	0,2778
θ . 21° B 720mm ε 510m	de Bernardières	I	89° 46'	1	9,6 M	0,2763	»	0,2763
θ . 25° B . 711mm ε 630m	de Bernardières	I	36 20	1 2	11,5 M 11,6 M	» »	0,2789 0,2771	0,2775
Idem	Favereau	IV	»	2	9,5 M	»	0,2766	
θ . 19° B 710mm ε . 630m	de Bernardières	I	36 27	1	9,5 M	0,2774	»	0,2774
Idem	Favereau	IV	»	2	8,5 M	»	0,2781	
θ 21° B 713mm ε . 630m	de Bernardières	I	36 27	1	8,0 M	0,2781	»	0,2781
Idem	Favereau	IV	»	2	9,5 M	»	0,2772	

Intensités horizontales d[illegible]

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU, RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES, NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL, ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Cauquenes, Cordillère des Andes (Chili)	1882 25 déc	Lat 34°15′ S Long 4h52m,0 O	Parc des bains de Cauquenes, à [illegible]m dans l'[illegible] de l'établissement Terrain gazonné	Beau temps Petite brise d'O
Angol, Araucanie (Chili)	1883. 10 févr	Lat 37°48′ S Long 5h0m,4 O	Monticule à 500m dans le Nord-Est de [illegible] Clocher de l'église de la ville [illegible] Sommet de la gare du chemin de fer [illegible] Terrain cultivé	Ciel découvert Jolie brise de S-E, allant en fraîchissant
Valparaiso (Chili)	2 février	Lat 33°1′ S Long 4h55m,7 O	Falaise dans le Nord-Ouest du Cerro de l'Artillerie à 1000m dans l'Est du phare Phare . . . . [illegible] Terrain sablonneux avec quelques herbes	Temps découvert Fraîche brise de N-O
Santa-Rosa de las Andes (Chili)	7 mars	Lat 32°53′ S Long 4h51m,6 O	Cerro à l'Ouest de la ville Clocher de la ville... [illegible]°18 Terrain rocheux	Ciel découvert Calme
Puente de l'Inca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 3[illegible]°[illegible]3′ S Long 4h49m,1 O	Pâturage à 400m dans l'O de la Posada et sur la rive opposée du torrent, au centre d'une étroite vallée Terrain caillouteux, avec quelques herbes	Temps en partie couvert Grand vent de N-O
Punta de la Vaca, Cordillère des Andes (République Argentine)	9 mars	Lat 32°53′ S Long 4h48m,6 O	Pâturage à [illegible]00m dans le Nord de la Posada et à 300m dans l'Est du pied de la Cordillère Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d'O-N-O à rafales
Mendoza (République Argentine)	12 mars	Lat 32°53′ S Long 4h44m,6 O	Pâturage à 2000m dans l'Est-Sud-Est de la nouvelle ville Terrain gazonné et marécageux	Ciel découvert Presque calme
Rio-Cuarto (République Argentine)	15 mars	Lat 33°7′ N Long 4h26m,6 O	Enclos à 300m dans le Nord de la gare. Poteau de chemin de fer . . . . . . [illegible]°3 Terrain gazonné	Ciel découvert Jolie brise d'Est

Intensités horizontales de

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Rosario (République Argentine)	1883 16 mars	Lat 32°57′ S Long 4h11m,5 O	Prairie à 4000m dans le Sud de la ville et à la même distance de la rive du fleuve Parana Clocher d'une chapelle voisine . . 94° 46′ Terrain gazonné	Ciel découvert Petite brise de N. E.
Buenos-Ayres (République Argentine)	21 mars	Lat 34°36′ S Long 4h2m,8 O	Prairie à 300m dans le Nord-Est de l'École navale Église de la Recoleta . . . . . . 315° 57′ Mât de pavillon de l'École navale 229.54 Terrain gazonné	Beau temps, qq légers nuages Jolie brise d'Est par risées
	22 mars	Lat 34°37′ S Long 4h2m,8 O	Prairie à 700m dans le Nord-Ouest de la Boca et dans le Sud-Est de la ville Flèche de la plus grosse tour d'une église à trois tours . . . . 209° 21′ Terrain gazonné	Ciel découvert Bonne brise d'O
	23 mars	Lat. 34°35′ S Long 4h2m,8 O.	Prairie voisine de la route de Belgrano, à 5000m de la ville Paratonnerre d'un belvédère . 171° 10′	Ciel découvert Presque calme
Coquimbo (Chili)	1882. 31 déc	Lat 29°57′ S Long 4h54m,8 O	Terrain sablonneux dans le Nord-Nord-Ouest de la ville de Coquimbo Fort de Coquimbo . . . . . . 74° 53′ Église de Coquimbo . . 221 13	Très beau temps Petite brise de S. O
Huasco (Chili)	1883 1er janv.	Lat 28°27′ S Long 4h54m,3 O	A 400m dans le Sud-Ouest de la ville	Très beau temps Petite brise de S. O
Caldera (Chili)	2 janvier	Lat 27°5′ S Long 4h52m,8 O	Un peu moins de 1000m dans l'Ouest de l'église Sémaphore . . . . 0° 24′ Église . . . . 124 42 Terrain sablonneux	Ciel couvert au début, dégagé à la fin des observations Calme au début, puis petite brise de S.-O
Taltal (Chili)	3 janvier	Lat 25°26′ S Long 4h51m,6 O	A 2000m environ dans l'O du milieu de la ville de Taltal Sémaphore . . . 252° 30′ Débarcadère (le plus au Sud) . 73.52 Terrain nu et sablonneux.	Ciel nuageux d'abord, puis découvert Calme au début, puis petite brise de S.-O.

...e magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant / HAUTEUR DU BAROMÈTRE / ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
θ 28° B 761mm ε 50m	de Bernardières	I	264° 47′	1	2h,2 S	0,2683	»	0,2683
θ 24° B » ε 15m	de Bernardières	I	69 10	1	9,7 M	0,2660	»	
θ 26° B » ε 10m	de Bernardières	I	76 49	1	4,8 S	0,2665	»	0,2661
θ 22° B » ε 20m	de Bernardières	I	69 50	1	10,0 M	0,2657	»	
θ 22° B » ε »	Favereau	IV	239 24	2	4,7 S	»	0,2799	0,2799
θ 21° B » ε »	Favereau	IV	»	2	8,5 M	»	0,2790	0,2790
θ 22° B » ε »	Favereau	IV	234 39	2	8,0 M	»	0,2795	0,2795
θ 23° B » ε »	Favereau	IV	155 46	2 2	8,5 M 8,8	» »	0,2779 0,2773	0,2776

STATIONS	DATES	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE
Antofogasta (Chili)	1883 4 janvier	Lat 23°39′ S Long 4^{h}51^m,0 O	Derrière la ville, à 200^m ou 300^m du cimetière Ancre peinte au haut de la montagne 221°44′ Autre ancre près du cimetière 247 38 Terrain nu et sablonneux	Ciel en partie couvert Calme
Cobija (1) (Chili)	5 janvier	Lat 22°34′ S Long 4^{h}50^m,6 O	Presqu'île dans l'Ouest de la ville Cimetière 39° 2′ Église 64 36 Sable et rocher	Très beau temps. Calme
Iquique (Chili)	6 janvier	Lat 20°12′ S Long 4^{h}50^m,1 O	A la pointe extrême de l'îlot du phare Phare 194°53′ Mât de signaux 202 16 Deuxième station à 250^m dans le Nord de la première	Très beau temps Calme
Arica (Pérou)	7 janvier	Lat 18°28′ S Long 4^{h}50^m,7 O	Sur le flanc de la colline du Moro faisant face à la ville Mât de pavillon du fort du Moro 44°15′ Église d'Arica 99 49 Terrain sablonneux	Très beau temps Calme
Chala (Pérou)	8 janvier	Lat 15°52′ S Long 5^{h}6^m,3 O	A 500^m dans le Nord-Nord-Est du centre de la ville Extrémité du débarcadère 172°53′ Cimetière 326 42 Terrain nu et sablonneux.	Ciel en partie couvert Calme
Chorrillos (Pérou)	1er févr	Lat 12°11′ S Long 5^{h}17^m,4 O	Au sommet de la colline située dans le Sud de la ville de Chorrillos Église du Callao 140°14′ Gare de Chorrillos 247 21 Terrain nu	Beau temps Assez fraîche brise de S.-O.
Le Callao (Pérou)	29 janv	Lat 12°4′ S Long 5^{h}17^m,9 O	Sur la presqu'île sablonneuse située au Sud-Ouest du Callao et appelée *la Punta* Phare de San Lorenzo 219° 4′ Église du Callao 359 29	Temps un peu brumeux Calme

(1) On ne conclut aucune valeur de l'intensité horizontale pour Cobija, *voir* notes (1), p. 468 et 486.

...ce magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM. ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES			INTENSITÉS HORIZONTALES		
			Relèvements du nord magnét.	Numéro de l'aiguille	Heures, t. m. local, correspondantes	Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
θ 23° B » ε 40m	Faverceau	IV	351° 35'	2	9h,4 M	»	0,2795	0,2795
θ 21° B » ε 6m	Faverceau	IV	146 20	2 2	8,5 M 8,7	» »	0,2790 0,2797	»
θ 24° B » ε 1m	Faverceau	IV	112 37	2 2	8,5 M 9,0 M	» »	0,2853 0,2853	0,2853
θ 26° B » ε 50m	Faverceau	IV	165 59	2	9,6 M	»	0,2895	0,2895
θ 25° B » ε 30m	Faverceau	IV	125 50	2	4,7 S	»	0,2925	0,2925
θ 24° B » ε 60m	Faverceau	IV	15 57	2	6,0 S	»	0,3098	0,3098
θ 25° B » ε 3m	Faverceau	IV	131 51	2	3,7 S	»	0,3083	0,3083

Intensités horizontales de

STATIONS	DATES.	LATITUDE LONGITUDE	INDICATION SPÉCIALE DU LIEU RELÈVEMENTS DES POINTS REMARQUABLES NATURE DU TERRAIN	ÉTAT DU CIEL ET DE L'ATMOSPHÈRE.
Parc de Saint-Maur [1] (France)	1883 [illegible] juin	Lat. 48°48' N Long. 0h0m,2 E	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est. Paratonnerre de la mairie de Nogent [illegible]. Terrain gazonné.	Ciel couvert. Jolie brise de N.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest.	Ciel couvert. Petite brise de N [illegible]
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest.	Idem.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est. Paratonnerre de la mairie de Nogent [illegible].	Ciel nuageux. Faible brise de N. O.
	5 juin.	Idem.	Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest.	Idem.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Est. Paratonnerre de la mairie de Nogent [illegible].	Ciel très couvert. Faible brise de N. N. O.
			Observatoire météorologique du parc de Saint-Maur, pilier extérieur du Nord-Ouest.	Ciel nuageux. Petite brise de N. N. O.

[1] Toutes les observations qui suivent peuvent être ramenées à une heure quelconque au moyen des indications de l'appareil enregistreur installé dans les

[fo]rce magnétique terrestre

TEMPÉRATURE de l'air ambiant HAUTEUR DU BAROM ALTITUDE	OBSERVATEURS	NUMÉRO de l'instrument	OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES Relèvements du nord magnét	Numéro de l'aiguille	Heures t m local, correspondantes	INTENSITÉS HORIZONTALES Valeurs obtenues par les déterminations absolues	Valeurs déduites des oscillations	Valeurs adoptées
θ 20° B 759mm ε 50m	de Bernardières	I	293° 28'	1	10h,8 M	0,1951	»	0,1951
θ 22° B 758mm ε 50m	de Bernardières	I	»	1	3,8 S	0,1950	»	0,1950
Idem	Faveieau	IV	»	1	1,6 S	»	0,1943	
			»	2	1,8	»	0,1952	
			»	1	2,0	»	0,1952	
			»	2	2,2	»	0,1954	
			»	1	2,8	»	0,1946	
			»	1	3,0	»	0,1952	
θ 25° B 751mm ε 50m	de Bernardières	I	294 23	1	10,6 M	0,1950	»	0,1950
Idem	Faveieau	IV	»	1	9,8 M	»	0,1952	
			»	2	10,0	»	0,1946	
			»	1	10,5	»	0,1952	
			»	2	10,7	»	0,1946	
θ 27° B 751mm ε 50m	de Bernardières	I	294 32	1	2,7 S	0,1948	»	0,1949
θ 26° B 749mm ε 50m	de Bernardières	I	»	1	4,5 S	0,1950	»	

caves de l'Observatoire magnétique

Les valeurs obtenues sont propres à l'heure moyenne locale de l'observation Pour les ramener à une heure unique convenue, il faudrait supposer que les éléments magnétiques ont des marches concordantes dans les lieux d'observation et dans l'observatoire magnétique le plus voisin où l'on aurait enregistré les variations de ces éléments Les données que l'on possède jusqu'ici ne permettent de pratiquer cette réduction que pour les mesures effectuées à Montsouris et au parc de Saint-Maur L'accord des résultats obtenus au moyen des instruments de la Mission et de ceux des boussoles de ces observatoires est d'ailleurs très satisfaisant (¹).

(¹) *Voir* note (1), p 400

EXTRAIT DES ANNALES DU BUREAU DES LONGITUDES, TOME III

PARIS — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES AUGUSTINS, 55